



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



JONAS LUIS DE CARVALHO ANDRADE
MARCOS GABRIEL CHAGAS LIMA
SAULO DE CAMPOS FLORENTINO

CERVEJA 4.0 – DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO COM
PLATAFORMA EMBARCADA PARA DIFERENCIAÇÃO DE BEBIDAS

CURITIBA
2021

JONAS LUIS DE CARVALHO ANDRADE
MARCOS GABRIEL CHAGAS LIMA
SAULO DE CAMPOS FLORENTINO

**CERVEJA 4.0 – DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO COM
PLATAFORMA EMBARCADA PARA DIFERENCIAÇÃO DE BEBIDAS**

Monografia apresentada como resultado parcial
à obtenção do grau de Especialista em
Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-
graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia,
Departamento de Engenharia Mecânica,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

**CURITIBA
2021**

RESUMO

Tem-se percebido ao longo dos últimos anos, uma alteração no comportamento do consumidor brasileiro de cerveja. Cada vez mais, consumidores têm se mostrado exigentes quanto à qualidade da bebida e dispostos a pagar preços acima do mercado convencional por cervejas diferenciadas em sabores e estilos. O atendimento de grande variedade de produtos ao mercado é um desafio para indústria cervejeira em geral, pois demandam altos investimentos: mais equipamentos e maior área de processamento. Além disto, o produto estocado por longos períodos, devido lenta comercialização, leva à alto capital empregado, perda de qualidade, ou mesmo perdas de produtos. Dentre os diferentes tipos de cervejas, suas características estão relacionadas a atributos sensoriais de cor, aroma, amargor e corpo. A indústria de ingredientes produz extratos naturais que podem ressaltar ou modificar estes atributos, em uma fase tardia do processamento da cerveja, ou diretamente ao produto final. Este é um processo alternativo ou complementar aos métodos convencionais, mas a ausência de equipamentos simples que permitam repetibilidade e correta quantificação dos ingredientes, certa resistência da indústria cervejeira tradicional, e custos ainda elevados dos ingredientes (já utilizados em grandes indústrias), impedem no momento uma maior disseminação desta tecnologia. A proposta deste trabalho foi criar um equipamento protótipo, para mescla destes extratos líquidos à cerveja. Utilizando-se dos conceitos de plataforma embarcada, foi desenvolvido um equipamento de bancada munido de um microcontrolador embarcado e microcomponentes. Pôde-se confirmar na prática a obtenção de produtos com variadas características de cor, amargor e aroma, a partir de uma cerveja pilsen comum (utilizando adição de extrato de malte e de extrato de lúpulo de amargor e de aroma). Este protótipo, de simples funcionamento, atendeu aos objetivos do trabalho, e pode ser utilizado como referência para desenvolvimento de sistemas mais aperfeiçoados de melhor tecnologia e design, bem como adaptados para uma melhor operacionalidade nos ambientes a que se destinam, seja em uma micro indústria ou em um estabelecimento comercial.

Palavras-chave: Cerveja 4.0. Diferenciação. *Just-in-time*. Extratos líquidos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – NÚMERO DE REGISTROS DE ESTABELECIMENTOS.....	8
FIGURA 2 – REGISTRO DE PRODUTOS PARA CERVEJA POR ANO.	9
FIGURA 3 – FLUXOGRAMA PRODUÇÃO DA CERVEJA.....	15
FIGURA 4 – FLUXOGRAMA PRODUÇÃO DA CERVEJA.....	16
FIGURA 5 – TABELA PERIODICA DOS ESTILOS DE CERVEJA.	18
FIGURA 6 – ATRIBUTOS DE DIFERENCIAÇÃO	19
FIGURA 7 – ESCALAS DE COR DE CERVEJA	21
FIGURA 8 – CORANTES PERMITIDOS	22
FIGURA 9 – ESCALA CIRCULAR DE ESTILOS DE CERVEJA	22
FIGURA 10 – IBU POR ESTILO DE CERVEJA	23
FIGURA 11 – MATERIA-PRIMA USO TRADICIONAL x TARDIO EX.1.....	25
FIGURA 12 – MATERIA-PRIMA USO TRADICIONAL x TARDIO EX.2.....	25
FIGURA 13 – INGREDIENTES CERVEJEIROS PUREMALT - GUIA DE APLICAÇÃO	26
FIGURA 14 – EXTRATOS DE LÚPULO - GUIA DE APLICAÇÃO	27
FIGURA 15 – EXTRATOS DE AROMA - GUIA DE APLICAÇÃO	28
FIGURA 16 – EXEMPLOS DE VARIEDADES DE EXTRATOS NATURAIS.....	29
FIGURA 17 – COMPONENTES DE UM MICROCONTROLADOR TÍPICO.....	30
FIGURA 18 – EXEMPLO DE APLICAÇÕES DE MICROCONTROLADORES	31
FIGURA 19 – ESQUMA LÓGICO DE UM REGISTRADOR.....	32
FIGURA 20 – CÉLULA DE MEMÓRIA	32
FIGURA 21 – VISÃO GERAL DE UM SISTEMA EMBARCADO.....	35
FIGURA 22 – ARDUINO UNO	36
FIGURA 23 – ESP32	37
FIGURA 24 – MAPA DE PINAGEM DO ESP32	37
FIGURA 25 – RASPBERRY PI MODEL B.....	38

FIGURA 26 – RASPBERRY PI MODEL A.....	39
FIGURA 27 – RASPBERRY PI ZERO	39
FIGURA 28 – SISTEMA DE DOSAGEM - THERMO ORION SAGE.....	41
FIGURA 29 – BOMBA DE SERINGA PROGRAMÁVEL - NEW ERA	41
FIGURA 30 – BOMBA MEDIDORA "VALVELESS" - FLUID METER INC.	42
FIGURA 31 – BOMBA DOSADORA - PROMINENT®	42
FIGURA 32 – BOMBA PERISTÁLTICA COM PROGRAMADOR – WATSON MARLOW.....	43
FIGURA 33 – BALDE RESERVATÓRIO E BOMBAS PERSITÁLTICAS	43
FIGURA 34 – TANQUE RESERVATÓRIO	44
FIGURA 35 – DISPENSER AUTOMÁTICO ROBOCORE.....	45
FIGURA 36 – COCKTAIL MACHINE GREATSCOTT	46
FIGURA 37 – BEER DISPENSER HOSHIZAKI	47
FIGURA 38 – COCKTAILS MACHINE MIXOLOGIQ.....	48
FIGURA 39 – B.BLEND : MÁQUINA DE BEBIDAS EM CÁPSULAS	49
FIGURA 40 – FLUXOGRAMA DAS PRINCIPAIS ETAPAS DO TRABALHO	49
FIGURA 41 - CANVAS VERSÃO A	51
FIGURA 42 - NOME E LOGO MARCA DO PRODUTO	52
FIGURA 43 - NOME E LOGO MARCA DA EMPRESA	52
FIGURA 44 – FLUXOGRAMA DE PROCESSO/AUTOMAÇÃO IDEALIZADO	53
FIGURA 45 – ESBOÇO DO PROTÓTIPO TARD.IO	54
FIGURA 46 – TESTES DE BANCADA COM HARDWARE.....	56
FIGURA 47 – PROTÓTIPO TARD.IO.....	56
FIGURA 48 - PROTÓTIPO APP MOBILE	59
FIGURA 49 – CANVAS FINAL TARD.IO	60
FIGURA 50 - BEBIDAS OBTIDAS EM TESTES REALZADOS.....	61

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – LISTA DE ATIVIDADES	50
TABELA 2 – LISTA DE COMPONENTES DO PROTÓTIPO TARD.IO	55

CONTEÚDO

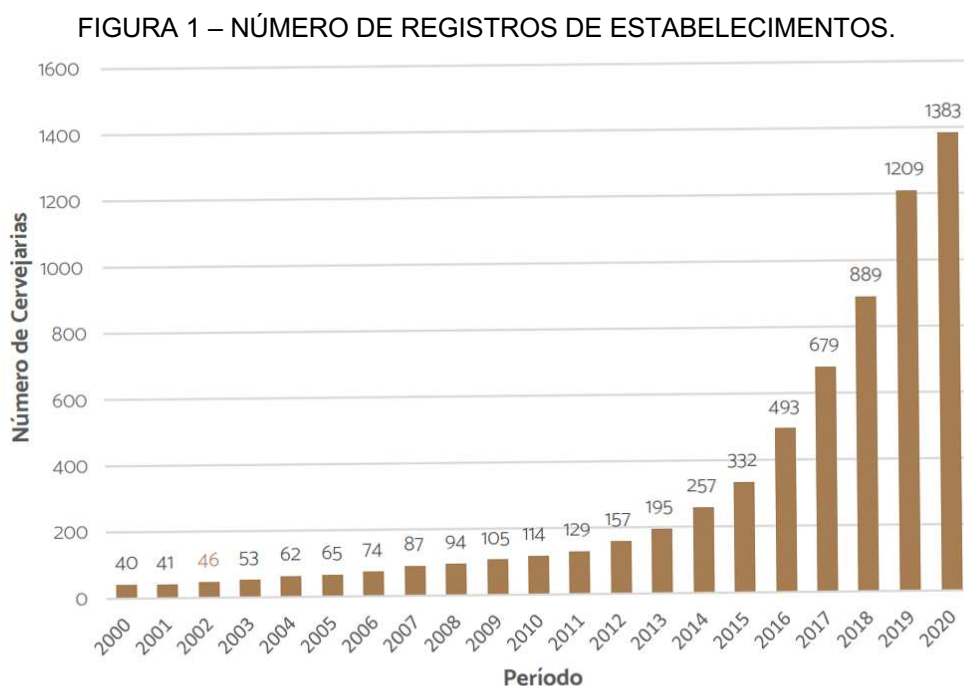
1. INTRODUÇÃO	8
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	8
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	10
1.3. JUSTIFICATIVA.....	10
1.4. HIPÓTESE	12
1.5. OBJETIVO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA – FLUXOGRAMA	14
2.2. ESTILOS DE CERVEJA – CARACTERÍSTICAS E ATRIBUTOS.....	17
2.2.1. Estilos de Cerveja	17
2.2.2. Atributos principais de diferenciação nos estilos de cerveja.....	18
2.2.2.1. A Cor da Cerveja	20
2.2.2.2. O Amargor da Cerveja.....	23
2.2.2.3. Aromas e Flavors da Cerveja	24
2.3. INGREDIENTES LÍQUIDOS PARA CERVEJA DE USO TARDIO	24
2.3.1. Extratos de malte – Cor e Flavors.....	26
2.3.2. Extratos de Lúpulo – Amargor	27
2.3.3. Extratos de Lúpulo – Óleos essenciais: Aroma	28
2.3.4. Outros ingredientes de aroma.....	29
2.4. MICROCONTROLADORES E SISTEMAS EMBARCADOS	30
2.4.1. Aplicações dos microcontroladores	30
2.4.1.1 Registradores.....	31
2.4.1.2 Memórias	32
2.4.1.3 Tipos de Memória	32
2.4.2. Sistemas Embarcados	33
2.4.3. Arduino.....	35
2.4.3.1 Linguagem de Programação do Arduino	36
2.4.4. ESP32	36
2.4.5. Raspberry Pi	38
2.5. REFERÊNCIA SISTEMAS DE DOSAGEM – EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS....	39
2.5.1. Equipamento para dosagem (exemplos com fotos):.....	40
2.5.1.1. Sistemas de Dosagem por seringa:.....	41
2.5.1.2. Bombas Dosadoras:	41
2.5.1.3. Bombas Peristálticas:	42

2.5.1.4. Exemplo de instalação A:	43
2.5.1.5. Exemplo de instalação B:	44
2.6. REFERÊNCIAS PROJETOS SIMILARES – DISPENSERS AUTOMÁTICOS	44
2.6.1. Dispenser Automático – Kit Projeto Arduino (loja virtual Robocore).....	45
2.6.2. Cocktail Machine – Projeto Arduino (GreatScott - Youtube).....	45
2.6.3. Beer Dispenser – Beermatic Dualtap (fabricante: Hoshizaki).....	46
2.6.4. Cocktail Machine – Mixo One & Mixo Two (fabricante: Mixologiq)	47
2.6.5. Máquina de Bebidas em Cápsulas – B.blend (fabricante: Whirlpool)	48
3. METODOLOGIA.....	49
3.1. PLANEJAMENTO INICIAL.....	50
3.2. DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DO PRODUTO	52
3.3. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS	53
3.4. PROTOTIPAGEM E TESTES.....	56
3.4.1. Teste de <i>hardware</i> e fabricação do protótipo.....	56
3.4.2. Teste do protótipo via microcontrolador e programação de software	57
3.4.3. Protótipo de APP Mobile	59
3.4.4. Revisão do Canvas para defesa da Ideação – Protótipo TARD.IO	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5. CONCLUSÕES	62
5.1. Sugestões de trabalhos futuros	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

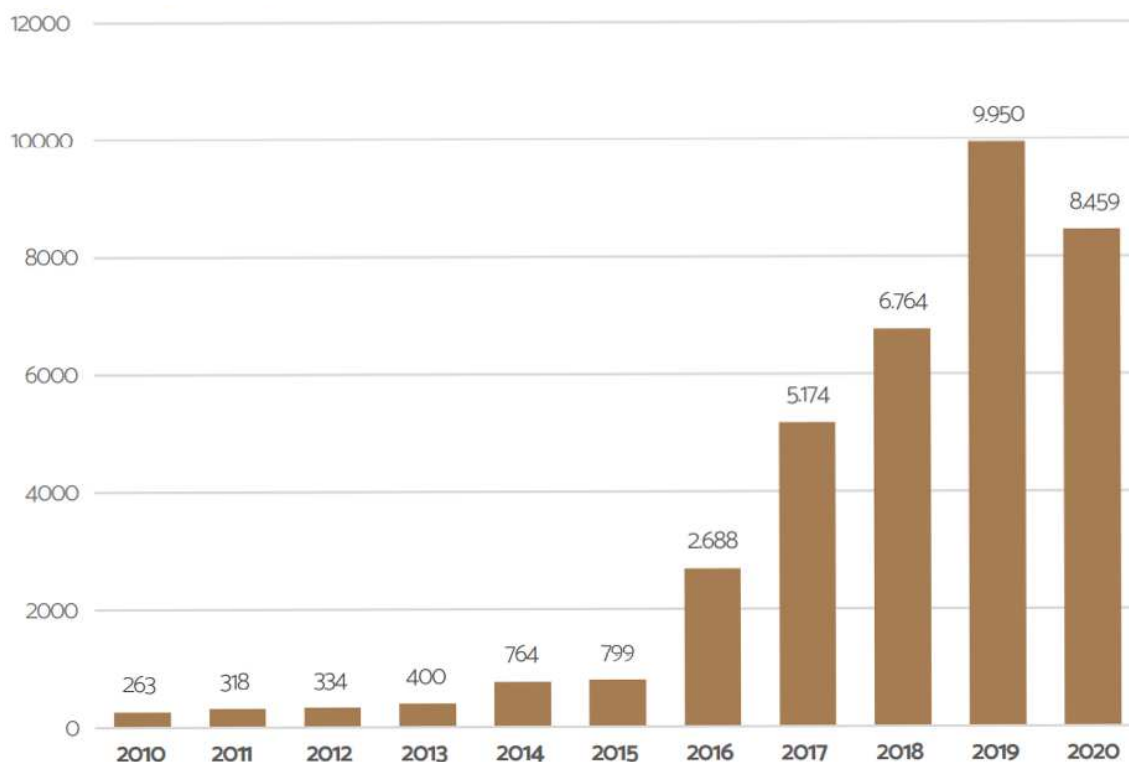
O número de cervejarias abertas no Brasil é cada vez maior. Segundo o Anuário da Cerveja 2020, do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) ao fim de 2020 alcançou-se a marca de 1383 cervejarias registradas (a FIGURA 1 mostra esta evolução ao longo dos anos), tendo sido o primeiro ano em que todas as Unidades da Federação-UF possuem ao menos uma cervejaria (com abertura da primeira cervejaria do Acre).



FONTE: ANUÁRIO DA CERVEJA - MAPA (2020).

Ainda de acordo com este Anuário do MAPA o número total de registros de produto para cerveja ultrapassou a marca de trinta mil com 33.963. Sendo que em 2020 foram 8.459 novos registros de produtos para cerveja conforme indicado no gráfico da FIGURA 2 (redução pontual na tendência de crescimento em função da pandemia do Covid-19).

FIGURA 2 – REGISTRO DE PRODUTOS PARA CERVEJA POR ANO.



FONTE: ANUÁRIO DA CERVEJA - MAPA (2020).

Este elevado crescimento anual do número de cervejarias e produtos registrados é um reflexo da alteração do perfil do consumidor brasileiro de cerveja. Essa é uma conclusão também da Mintel, empresa mundial de inteligência de mercado. Segundo uma pesquisa feita pela companhia em 2018, 57% dos consumidores brasileiros afirmaram preferir beber pequenas quantidades de cerveja mais cara a grandes quantidades de cerveja de menor custo.

Quando a pesquisa abordou as motivações para experimentar novos tipos de cerveja, 42% dos consumidores mencionaram "um novo sabor/sabor inovador" – razão mais evidente entre consumidores de 18 a 24 anos, sendo citada por 53% deles. Os números apontam que os consumidores são atraídos por sabores novos e interessantes ao provar novos tipos de cerveja.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O atendimento de uma grande variedade de produtos ao mercado é um grande desafio para indústria cervejeira em geral, em função do custo associado e da dificuldade de atendimento no tempo necessário.

Uma boa parte dos ativos de uma cervejaria dizem respeito à quantidade de tanques de cerveja instalados, sendo que na mesma linha, a quantidade de barris que uma cervejaria possui, para atendimento de seu mercado, demanda altos investimentos. Estas afirmações se tornam ainda mais verdadeiras quando se trata de uma microempresa ou cervejaria artesanal. A quantidade de tanques instalados, somados aos barris armazenados na cervejaria – cheios ou vazios – exigem por sua vez grande área física disponível (produtos armazenados em embalagens e caixas geram também mesmo impacto). Adquirir novas áreas ou expandir construções civis, para abrigar os ativos mencionados, são ações altamente relevantes no nível de investimento necessário, ou serão responsáveis por grandes despesas fixas da empresa no aluguel destes espaços.

O número elevado de SKUs (*stock keeping unit* – referência ou identificação de um item armazenado em determinado estoque) na cervejaria, tem relação direta com a necessidade de grande número de tanques para armazenamento de cerveja, assim como ao volume de matérias-primas, embalagens e produto acabado estocados. Além disto, o excesso de produto estocados por longos períodos, em função de uma lenta comercialização dos respectivos lotes, leva à um alto capital empregado, alto consumo energético (refrigeração), provável perda de qualidade do produto, ou mesmo perdas de produtos por expiração do prazo de validade.

1.3. JUSTIFICATIVA

Assim como em toda indústria de processamento hoje em dia, no segmento cervejeiro se discute muito sobre como será o futuro desta manufatura (Cervejaria 4.0?) e do próprio consumo da cerveja. Ao mesmo tempo entende-se da atual característica do mercado consumidor (que no passado estava restrito a alguns poucos produtos e fabricantes), que demanda por produtos premium e variados, busca por recorrentes

inovações, requer o produto disponível sob demanda, e que em breve futuro podem caracterizar as chamadas “customizações em massa”, é um caminho sem volta. Este consumidor tende a ser cada vez mais exigente e sofisticado, conquistá-lo e mantê-lo fiel ao seu produto ou empresa, exigirá enormes esforços.

As cervejarias (ou os estabelecimentos responsáveis por sua comercialização) que terão maior chance de sucesso neste futuro mercado, serão aquelas que puderem entregar o que os consumidores requerem, um produto específico a qualquer momento e com os menores custos possíveis. Por este motivo uma das prováveis tendências será a modificação ou diferenciação tardia das cervejas. Processo onde um novo sabor, cor ou estilo pode ser adicionado ou criado na fase final de elaboração do produto, em uma fase de “pré-comercialização”, ou ainda em momento mais tardio – já no ponto de comercialização ou consumo.

A disseminação desta tecnologia possibilitaria redução dos volumes dos lotes de produção (customização e pequena escala) e viabilizaria a elaboração de vários produtos a partir de uma mesma “cerveja-mãe” (ou de algumas poucas cervejas base). O que levaria à menor ocupação e necessidade de tanques, equipamentos e espaços físicos; garantiria atendimento do mercado com uma produção “*just-in time*”; e permitiria uma alta frequência de lançamento de novos produtos com grande velocidade no desenvolvimento. A popularização desta tecnologia contribuiria provavelmente para uma quebra de paradigmas, já que há também certa resistência da indústria cervejeira tradicional em se utilizar destes novos ingredientes.

A indústria atual de ingredientes já possui comercialmente produtos preparados que podem ser utilizados em uma fase de processamento mais tardia da cerveja, ou mesmo diretamente ao produto semi-acabado (ou “final”), tais como: extratos de lúpulo – que conferem amargor e aromas; extratos de malte – que conferem cor e *flavors*; entre outros produtos. Esta seria portanto, uma alternativa aos processos convencionais – e pouco flexíveis – para obtenção de produtos variados à partir de uma ou poucas cervejas base (“cerveja-mãe”). Grandes indústrias já utilizam destes extratos, porém a relativa baixa procura ou disseminação destes ingredientes, os tornam ainda de alto custo para utilização por pequenos produtores de cerveja. No Brasil o acesso a estas matérias-primas é ainda mais difícil pois apesar da disponibilidade em no mercado, todos estes ingredientes são importados.

1.4. HIPÓTESE

Não se encontra no mercado de equipamentos industriais uma solução integrada e completa, que tenha como objetivo a diferenciação de uma cerveja pelo uso dos extratos mencionados. Normalmente, quando estes extratos são utilizados pela indústria, utiliza-se um sistema individual de dosagem, que é agregado à linha de produção. Como são conhecidos e disponíveis, tanto os ingredientes quanto a tecnologia de mistura, seria possível a criação de um equipamento programado para mesclar os ingredientes, à partir de simples seleção dos atributos ou de um estilo de cerveja objetivado. Um sistema como este pode ser integrado às etapas finais de processamento de cerveja (na filtração da cerveja ou sua transferência para o envase), permitindo produção *just-in-time* do exato volume requerido, e garantindo trocas ágeis entre produtos a serem envasados (rápidos “setups” de linha).

Outra hipótese a ser testada é a criação de um equipamento portátil tipo um dispenser de uso comercial ou residencial, que pudesse então ser utilizado diretamente no ponto de consumo (bar, restaurante ou própria residência). Nesta versão a cerveja base, uma cerveja pronta já acondicionada em barril, substituiria o produto da linha de processamento da versão industrial. Neste caso as “micro dosagens” de extratos se daria diretamente no copo, no mesmo momento da extração do chopp, originando uma cerveja com características ou no estilo selecionado pelo consumidor. Diversos são os exemplos de eletrodomésticos já existentes com uma aplicação similar. Entende-se também que a vasta possibilidade de uso de microcontroladores de baixo custo e projetos caseiros diversos como referência, facilite o desenvolvimento desta solução.

1.5. OBJETIVO

A proposta deste trabalho foi criar um equipamento ou sistema, para micro dosagem controlada de extratos (de malte, lúpulo, ou outros) para diferenciação tardia em cervejas. Que tivesse simples funcionamento, de precisão e repetibilidade satisfatória, munido de *hardware* e *software* de mercado, mas de baixo custo para uso como protótipo. Que pudesse comprovar a viabilidade de uso desta tecnologia de

processamento de cerveja, para que a partir de uma base de cerveja única comum, pudessem ser produzidos outros tipos de cerveja.

Para isto foi utilizado o conceito de plataforma embarcada, com o uso de um microcontrolador e alguns acessórios de baixo custo (como bombas e mangueiras), que pudessem garantir estas misturas “*just-in-time*” no momento do consumo.

Cervejas com sabores diferenciados, podem custar até 20 vezes mais que cervejas comuns, portanto um dos objetivos desse trabalho, foi viabilizar o acesso a cervejas diferenciadas, tendo como base uma cerveja do tipo pilsen, a mais comum encontrada no mercado. Reduzir o investimento, permitir que o consumidor experimente novos sabores, bem como difundir maior conhecimento sobre os tipos e características das cervejas também foi uma das propostas deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os capítulos que se seguem apresentam conceitos técnicos genéricos que embasam a ideação do presente trabalho. Começando-se pela descrição dos processos tradicionais de produção de cerveja (Capítulo 2.1), passando pela apresentação dos atributos e características dos diversos estilos de cerveja (Capítulo 2.2). No capítulo 2.3 é apresentado os variados tipos de extratos líquidos existentes no mercado, que podem também ser utilizados como ingredientes no processamento de cerveja e em sua diferenciação final – alternativa esta utilizada como motivadora deste trabalho.

Mais adiante no Capítulo 2.4 é feita uma avaliação acerca dos tipos de microcontroladores e suas características, incluindo-se tópicos referentes ao tipo de programação e *softwares* utilizados. Nos capítulos 2.5 e 2.6 são apresentados projetos e equipamentos relacionados com a dosagem de ingredientes líquidos para produção e preparo de bebidas na indústria, bem como outros utilizados para uso direto pelo consumidor final.

2.1. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA – FLUXOGRAMA

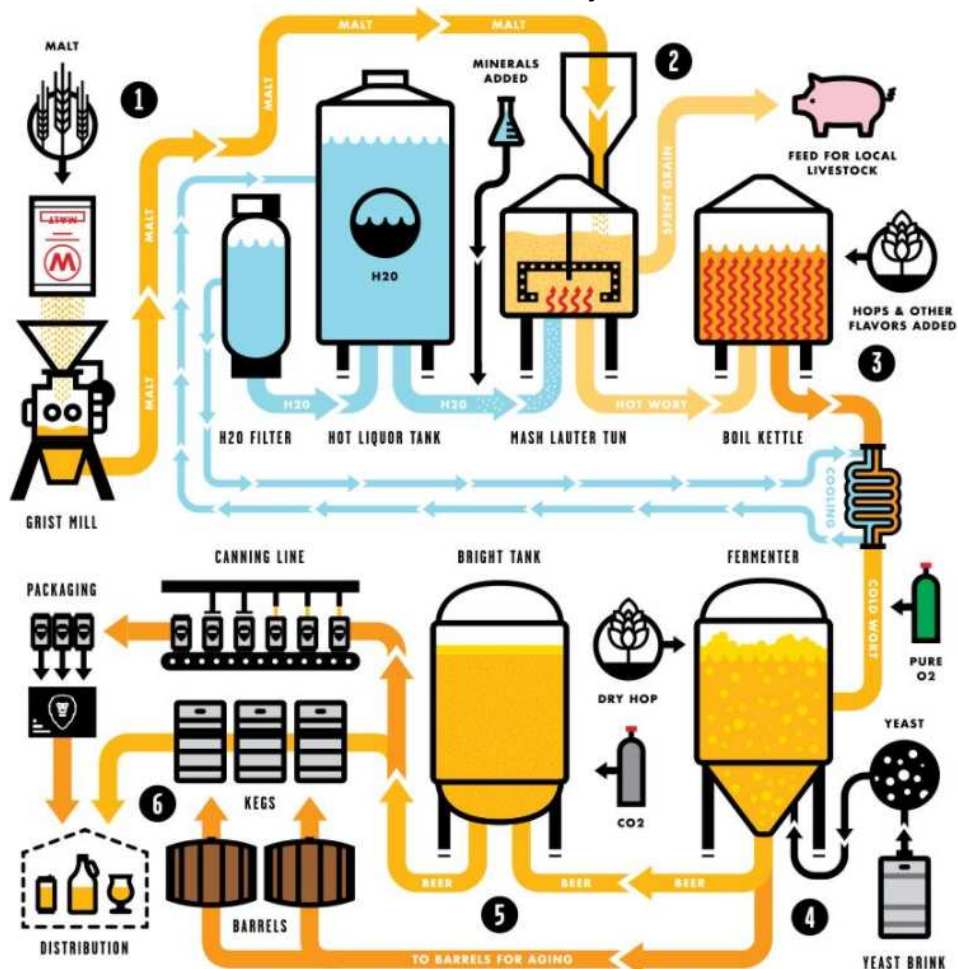
O processo de produção e elaboração da cerveja pode ser resumido nas etapas a seguir descritas e ilustradas nos fluxogramas FIGURA 3 e FIGURA 4.

- (1) Malteação: etapa que consiste na transformação do grão de cevada em malte, pela germinação e secagem controlada dos grãos (processo que ocorre geralmente em uma indústria prévia à cervejaria e fora desta).
- (2) Moagem, Mosturação e Filtração: a cervejaria armazena os grãos de malte que são moídos em etapa imediatamente anterior à Brassagem (como é conhecida esta etapa quente do processo de produção da cerveja) do mosto cervejeiro. As reações químicas e dissolução dos compostos que darão origem à cerveja ocorrem na etapa de Mosturação, e a separação do resíduo sólido (bagaço de malte) do mosto cervejeiro (parte líquida) ocorre na Filtração.
- (3) Fervura e Decantação, Resfriamento e Aeração: O mosto precisa ser fervido para evaporação da água excedente, volatilização de compostos indesejáveis e reações

dos componentes do lúpulo, normalmente adicionados nesta fase do processo. Depois de decantado (outras substâncias sólidas que são formadas são separadas do líquido) o mosto é resfriado e aerado para atingir as condições ideais para recebimento da levedura e condução do processo fermentativo.

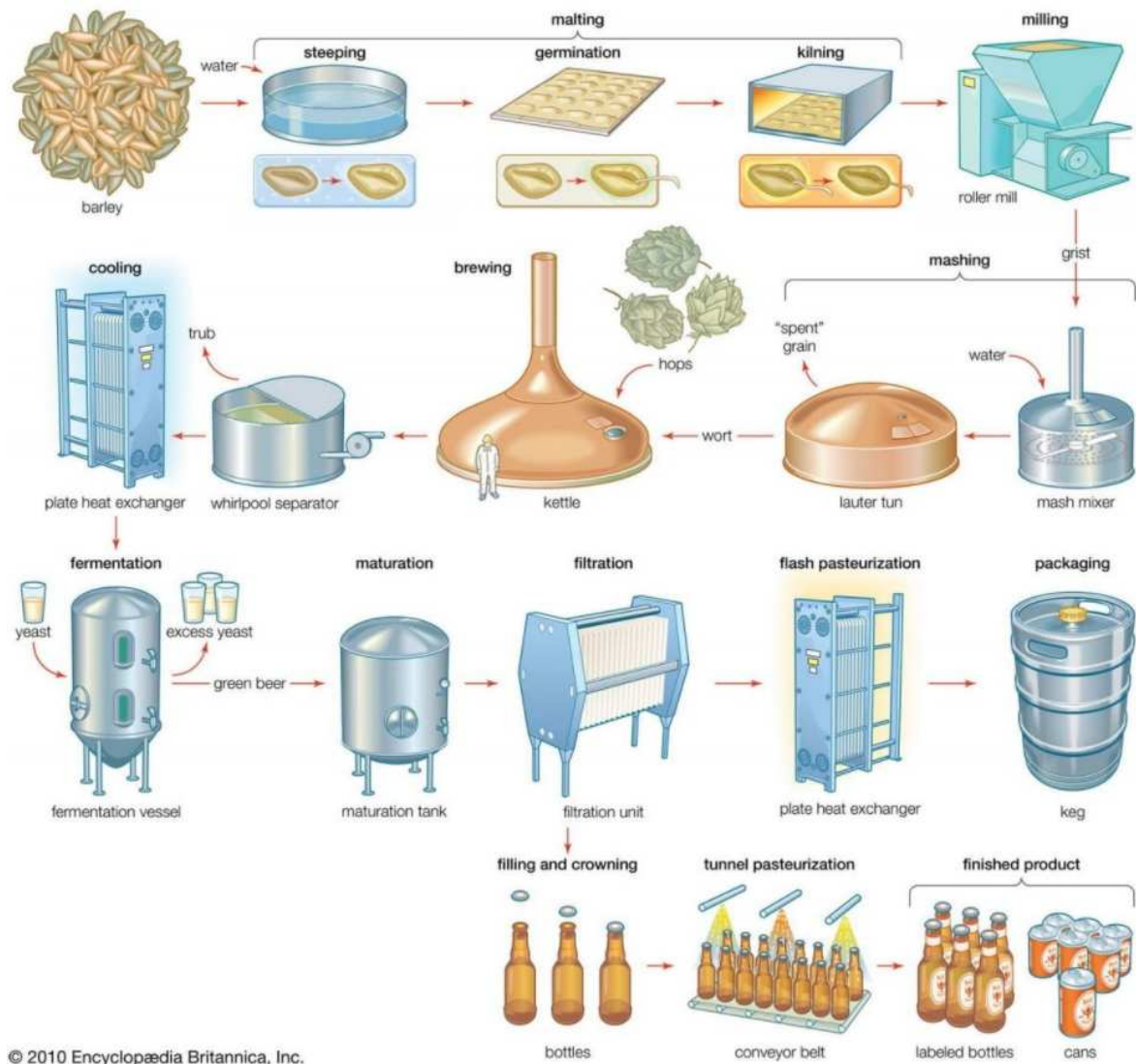
- (4) Inoculação de levedura, Fermentação e Maturação: a levedura é acrescida à cerveja e iniciará em primeiro momento sua multiplicação pela utilização dos açúcares presentes no meio, enquanto em presença do oxigênio. Posteriormente se inicia a fermentação e a maior parte dos açúcares e sólidos solúveis são convertidos
- (5) Filtração e Envase: Ao entrar nesta fase a cerveja se encontra praticamente pronta, apenas o residual de turbidez e leveduras são removidos na etapa de filtração; enquanto que no envase o líquido acabado é acondicionado no respectivo vasilhame (barril, lata, garrafa), podendo ser daí pasteurizado (mais usual) ou não (o chamado chopp).

FIGURA 3 – FLUXOGRAMA PRODUÇÃO DA CERVEJA.



FONTE: IMAGEM DO PINTEREST – sem créditos (2020).

FIGURA 4 – FLUXOGRAMA PRODUÇÃO DA CERVEJA.



© 2010 Encyclopædia Britannica, Inc.

FONTE: ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, INC. (2010).

2.2. ESTILOS DE CERVEJA – CARACTERÍSTICAS E ATRIBUTOS

2.2.1. Estilos de Cerveja

A classificação mais usual e genérica para os estilos de cerveja tem como fundamento o tipo de fermentação. Todas as cervejas do mundo pertencem a uma dessas categorias: *Ale* (alta fermentação) ou *Lager* (baixa fermentação).

ALE (lê-se “êiou”) é uma cerveja cuja levedura fermenta no topo do recipiente fermentador e em temperaturas relativamente altas (15°C a 24°C), o que resulta em um período de fermentação rápido (7 a 8 dias, ou até menos). As leveduras da *Ale* geralmente produzem sabores um tanto elevados (com exceções). As *Ales* costumam ser muito aromáticas e conter mais açúcar residual, isto é, açúcar que não foi consumido pela levedura no processo de fermentação.

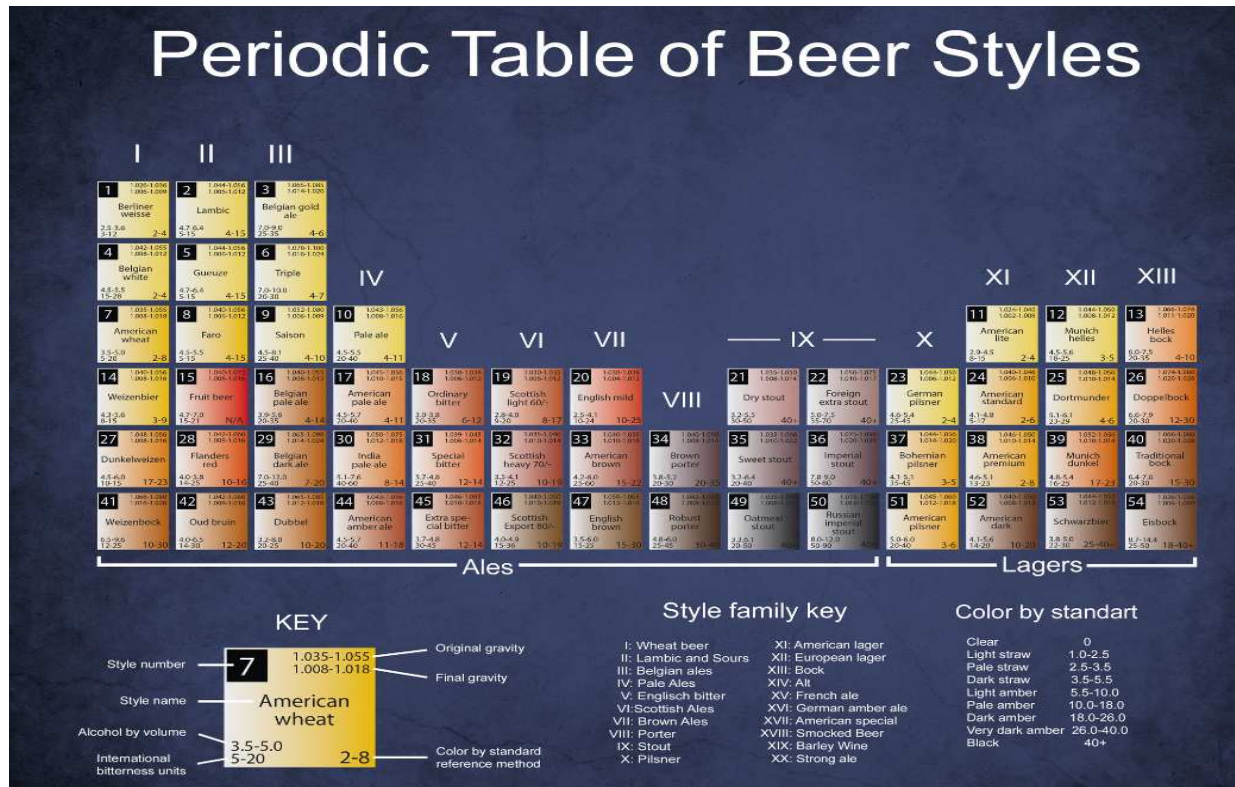
A palavra *LAGER* vem de um termo alemão que significa “armazenar”. A *Lager* é feita com leveduras que fermentam no fundo do fermentador e em temperaturas relativamente baixas (1°C a 10°C), o que resulta em um tempo longo de fermentação (semanas à meses). As leveduras da *Lager* geram menos subprodutos do que as da *Ale* e produzem um gosto mais suave e refrescante (há exceções).

Um dos guias de estilos de cerveja mais conhecidos e referenciados é o *Brewers Association Beer Style Guidelines* – um anuário compilado e publicado desde 1993 pela entidade *Brewers Association*, que há mais tempo, desde 1979, provê descrições de estilos de cervejas, como referências para cervejeiros e organizadores de competições de degustação de cervejas. Este guia se utiliza da classificação básica em 2 grupos ou categorias (*Ale* ou *Lager*), e em 2019 trouxe descritos: 87 estilos de cerveja *Ale* e outros 64 estilos de cerveja *Lager*, subdivididos em 10 famílias distintas.

Na FIGURA 5 tem-se representado um outro modelo gráfico de categorização dos estilos de cerveja. Neste modelo visual o autor utilizou a cor como variável referência. A cor do produto é reproduzida nos quadrados que definem o estilo da cerveja, e de maneira similar à tabela periódica dos elementos químicos: possui o nome do estilo no centro do quadrado; traz internamente de forma numérica algumas características do estilo; que são agrupados em famílias (que formam as colunas da tabela). Nesta tabela 54 estilos de cerveja são denominados e organizados em 13

famílias, também agrupadas por sua vez nas categorias *Ale* ou *Lager* (outras 7 famílias são também mencionadas na parte inferior do gráfico).

FIGURA 5 – TABELA PERIODICA DOS ESTILOS DE CERVEJA.

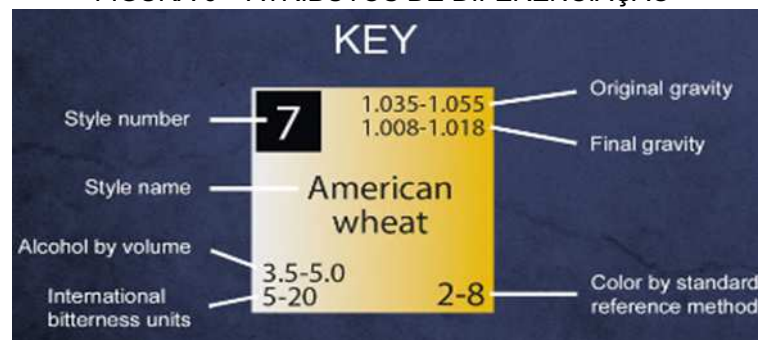


FONTE: "Periodic Table of Beer Styles" MANTIS DESIGN INC. (copyright 2001).

2.2.2. Atributos principais de diferenciação nos estilos de cerveja

Na FIGURA 6 pode ser observado que os estilos de cerveja estão associados à algumas de suas características. Estas características em sua grande maioria estão associadas à presença de componentes que são mensuráveis por análises físico-químicas ou análises sensoriais.

FIGURA 6 – ATRIBUTOS DE DIFERENCIAÇÃO



FONTE: Detalhe da Figura 5 - MANTIS DESIGN INC. (2001).

Abaixo apresenta-se a relação de atributos definidos pelo modelo apresentado na Figura 6, com sua descrição simplificada e método de medição além da origem de sua presença na cerveja.

- **Álcool % (*Alcohol by volume*):** origem nos processos fermentativos – por legislação não pode ser adicionado à cerveja, concentração expressa em %volume/volume obtida por análise físico-química (densímetro/alcoômetro);
- **Amargor (*IBU – International bitterness units*) :** característica organoléptica proveniente prioritariamente do lúpulo, expresso em escala sensorial porém associada à determinação da concentração de iso-alfa ácidos no produto;
- **Cor EBC (*Color by standard*):** proveniente basicamente do malte, ou corantes autorizados (como corante caramelo);
- **Extrato Final °P (*Final Gravity*):** quantidade de açúcares final (não-fermentados) – atribuem “corpo” a cerveja , concentração expressa em graus Plato obtida por análise físico-química (densímetro);
- **Extrato Original °P (*Original gravity*):** concentração inicial em açúcares/sólidos totais no mosto (caldo açucarado) que originou a cerveja – obtido de maneira indireta pelos resultados de Extrato Final e Álcool;
- **Aroma / Flavor** (não utilizado na definição de estilos: atributo organoléptico (sabor + odor) – proveniente dos maltes, leveduras e óleos essenciais do lúpulo;

2.2.2.1. A Cor da Cerveja

A cor da cerveja é dependente praticamente do malte. Duas são as reações químicas de formam a cor da cerveja: reação de *Maillard* (reação entre açúcares e proteínas do malte sob aquecimento, formando pigmentos escuros chamados de melanoidinas) e reação de Caramelização (degradação e modificação de açúcares pelo aquecimento). No processo de malteação (produção do malte – etapa anterior à cervejaria), existem as etapas de secagem e torra do malte, principalmente nestas etapas acontecem essas duas reações químicas citadas. O malte depois de moído, e em contato com a água, passará todos os seus pigmentos de cor para o mosto. Maltes mais torrados tem capacidade de dar mais cor ao mosto. Outras matérias-primas fontes de açúcares utilizadas como matérias-primas os chamados adjuntos cervejeiros (como xarope de milho - alta maltose, açúcar cristal ou invertido, e cereais sólidos como milho e arroz), não contribuem com cor à cerveja. Uma etapa mais adiante onde ocorre a mudança de cor no processo de produção de cerveja é na fervura do mosto. Neste segundo momento vão ocorrer mais reações de escurecimento devido à alta temperatura do mosto. Então, a cor da cerveja é devido, basicamente, a mistura de quantidades de maltes, com graus de torra diferentes, e dependente também das condições de fervura do mosto.

Existem duas escalas para identificação da tonalidade da cor de cerveja: A *Standard Reference Method* – SRM e a *European Brewery Convention* – EBC (utilizada na legislação brasileira). A FIGURA 7 apresenta a relação entre estas 2 escalas em uma palheta de cores.

FIGURA 7 – ESCALAS DE COR DE CERVEJA

MACRO DIVISÃO	SRM	TONALIDADE	EBC	CLASSIF.**
Palha	2 – 3		3,94 – 5,91	Cerveja Clara até 20 EBC
Amarelo	3 – 4		5,91 – 7,88	
Ouro	4 – 5		7,88 – 9,85	
Âmbar	6 – 9		11,82 – 17,73	
Profundo âmbar / cobre luz	10 – 14		19,70 – 27,58	
Cobre	14 – 17		27,58 – 33,49	Cerveja Escuro ≥ 20 EBC
Profundo cobre/castanho claro	17 – 18		33,49 – 35,46	
Castanho	19 – 22		37,43 – 43,34	
Castanho Escuro	22 – 30		43,34 – 59,10	
Castanho muito escuro	30 – 35		59,10 – 68,95	
Preto	35 +		68,95 – 78,80	
Preto opaco	40+		>78,80	

Fonte: Adaptado de BJCP Guideline 2008 **Classificação de acordo com a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994

FONTE: ADAPTADO DE BJCP GUIDELINE (2008).

A legislação brasileira permite a correção e intensificação da cor por meio da adição de alguns corantes, listados abaixo na FIGURA 8. Um corante amplamente utilizado em cervejarias é o corante caramelo (produzido geralmente à partir de xarope de milho) e é utilizado para correção ou acentuação da cor da cerveja (de amarelo a castanho ou preto), caso o resultado da cor do produto acabado não seja o objetivado (aquele que o consumidor espera), em função das matérias-primas ou processos de fervura utilizados. Em substituição a este primeiro, de maior custo, se encontram os extratos de malte, que pelo fato de serem fabricados com mesma matéria-prima original da cerveja, não gera sabores indesejáveis e podem também contribuir com *flavors* originais de uma cerveja maltada, além de trazer uma ampla variedade de tonalidades possíveis ao produto (como demonstrado na FIGURA 9). Outros corantes também podem ser utilizados como a clorofila (tonalidade verde das cervejas/chopps consumidas nas comemorações de *Saint Patrick's Day*) ou o carmim e a betanina (utilizados para realçar a cor de cervejas avermelhadas).

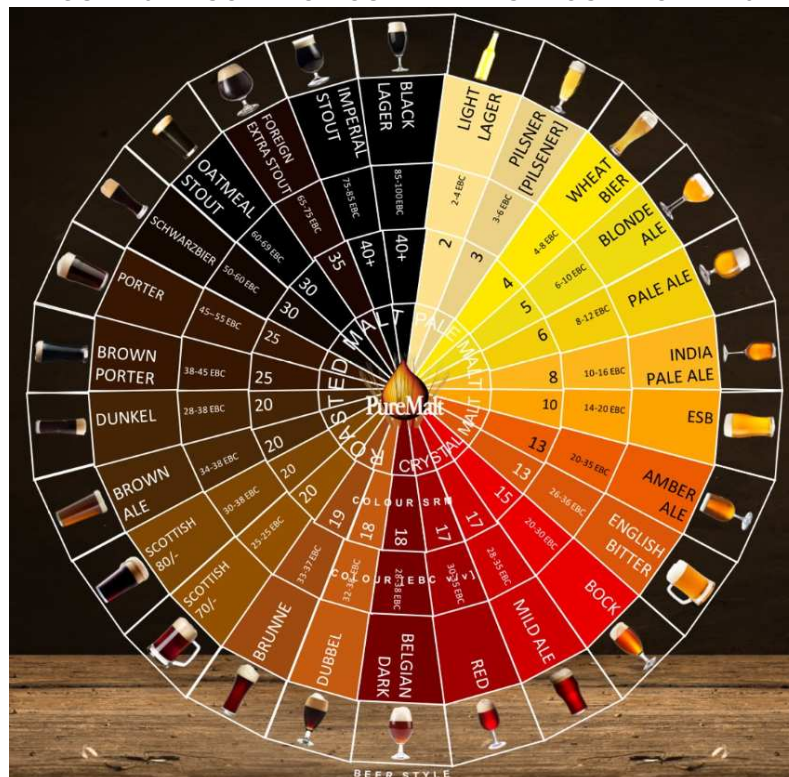
FIGURA 8 – CORANTES PERMITIDOS

CORANTE	CONCENTRAÇÃO (g/100g)
INS 140(i) - Clorofila	*Quantum Satis
INS 162 - Betanina	*Quantum Satis
INS 150a - Caramelo I	*Quantum Satis
INS 150c - Caramelo III	5,0
INS 150d - Caramelo IV	5,0
INS 120 - Carmim	0,01
INS 160a(ii) - Beta-caroteno	0,06
INS 101(i) - Riboflavina	0,01

Fonte: Resolução ANVISA RDC Nº. 65, de 29 de novembro de 2011 - *Quanto Suficiente
OBS: Na cerveja escura é permitido apenas a adição de corante caramelo

FONTE: RESOLUÇÃO ANVISA RDC Nº65 (2011).

FIGURA 9 – ESCALA CIRCULAR DE ESTILOS DE CERVEJA



FONTE: MATERIAL PUBLICITÁRIO PUREMALT (2017).

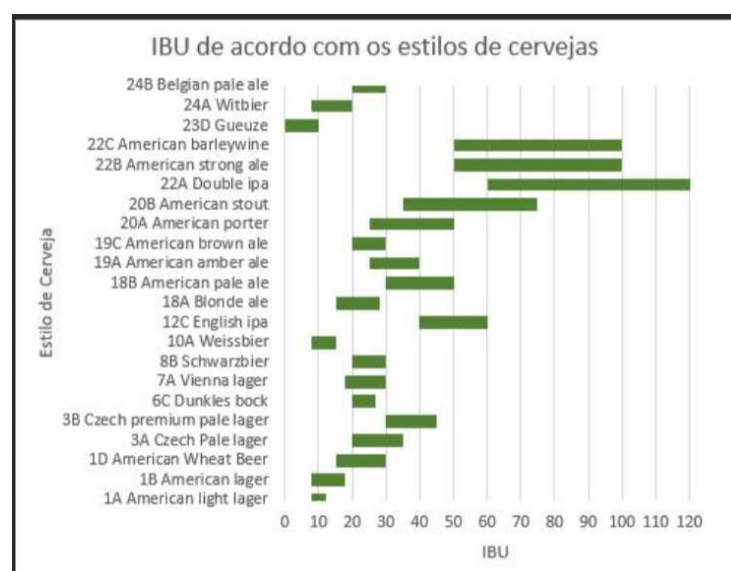
2.2.2.2. O Amargor da Cerveja

O grau de amargor de uma cerveja está diretamente ligado à quantidade de lúpulo utilizado na sua produção, e pode ser mensurado. A medida utilizada é o IBU, do inglês *International Bitterness Unit* (Unidade Internacional de Amargor), e a sua principal importância está na elaboração da receita da cerveja, pois para cada estilo existe uma faixa de amargor que os fabricantes utilizam como referência (como representado na FIGURA 10).

As cervejas comerciais brasileiras, do estilo standard *Lager*, como por exemplo a Kaiser a Brahma ou Skol, possuem entre 8 e 15 IBU, enquanto as premium *Lagers* como a Heineken e a Stella Artois possuem entre 15 e 25 IBU. Porém entre as *Lagers* o grau pode ser ainda maior, já que as *Pilsners* alemãs possuem entre 25 e 45 IBU e as tchecas entre 35 e 45.

Mas entre as ales é que o gosto amargo se destaca. As *Pale Ales* inglesas e americanas em geral podem chegar a 50 IBU. E há outros estilos definidos justamente pelo alto grau de amargor. As *India Pale Ales* (IPA) são as mais populares entre as lupuladas e podem chegar a até 70 IBU, e possuem versão turbinada, as Imperial IPAs, que chegam a 120 IBU. Mas não adianta colocar mais lúpulo indefinidamente na cerveja, pois existe um limite para a percepção do amargor perto dos 100 IBU, acima do qual qualquer incremento não faz mais diferença.

FIGURA 10 – IBU POR ESTILO DE CERVEJA



FONTE: BJCP, BEER STYLE GUIDELINES 2015

2.2.2.3. Aromas e Flavors da Cerveja

O aroma e *flavors* (sensação fisiológica da interação do paladar e olfato – a sensação ao ingerir alimentos, muitas vezes chamada equivocadamente de "sabor" se refere ao *flavor*) da cerveja provem basicamente de suas principais matérias-primas conforme listado abaixo, com exceção da água que não deve trazer nenhuma contribuição neste sentido (deve ser incolor, insípida e inodora).

Malte: Pode ou não ser torrado. Maltes claros têm notas de pão ou nozes; os escuros, de tostado, café e chocolate.

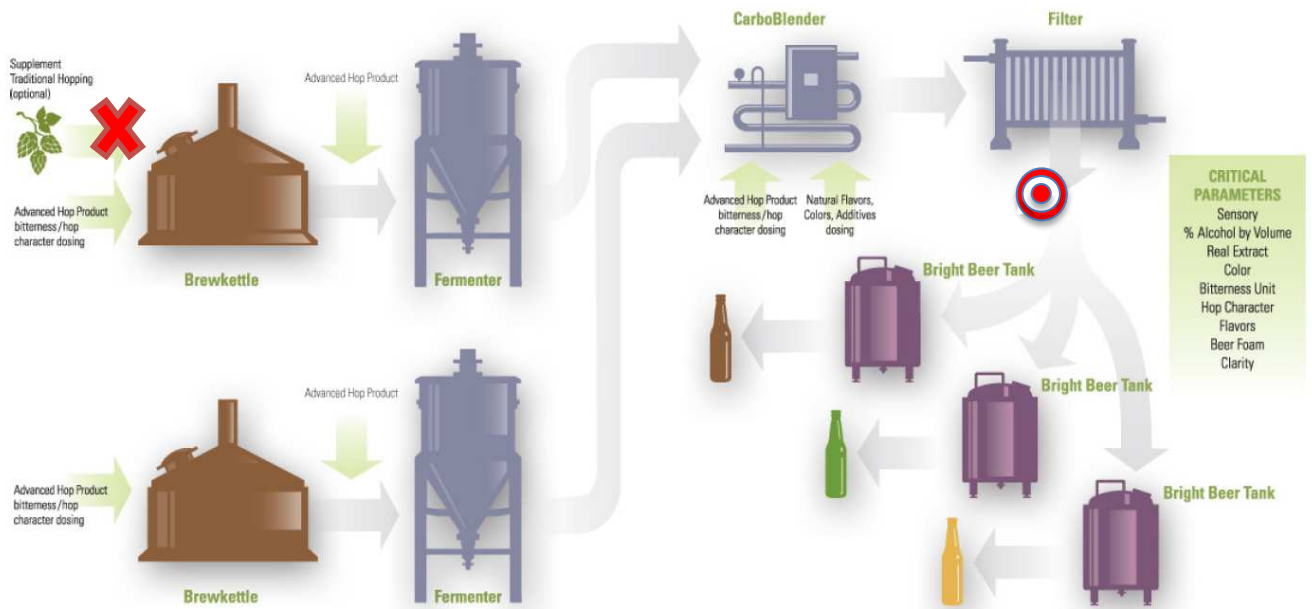
Lúpulo: É o responsável pelo amargor da cerveja e também por aromas herbais e florais. Do lúpulo provém alfa-ácidos que são responsáveis pelo amargor em cervejas. Além desses ácidos responsáveis pelo amargor, o lúpulo também contém óleos essenciais que definem o aroma em cervejas. A quantidade de ácidos ou óleos essenciais presentes no lúpulo variam de acordo com a variedade, e assim existem dois tipos de lúpulo: lúpulos de amargor e lúpulos aromáticos.

Levedura ou Fermento: os fermentos *Lager* têm pouca influência no sabor; já os ale emprestam à bebida aromas complexos de frutas e especiarias.

2.3. INGREDIENTES LÍQUIDOS PARA CERVEJA DE USO TARDIO

Como explicado anteriormente a cerveja tradicionalmente é produzida basicamente a partir dos ingredientes água, malte, lúpulo e levedura, estes são os 4 únicos ingredientes permitidos pela lei da pureza alemã. Ao redor do mundo outros ingredientes são também utilizados em substituição aos anteriores. Extratos líquidos concentrados naturais, foram desenvolvidos mais recentemente pela indústria de ingredientes, e tem como características substituir ou complementar o malte e lúpulo utilizado no início do processo de fabricação da cerveja conforme visto no capítulo 2.1 deste trabalho. Esta nova tecnologia transfere total ou parcialmente alguns dos ingredientes utilizados nas etapas (2) Mosturação e (3) Fervura do Mosto para as etapas finais (5) Filtração e Envase, permitindo uma diferenciação da cerveja em etapa posterior ou tardia. A FIGURA 11 e a FIGURA 12 indicam estes diferentes pontos de adição de matéria-prima.

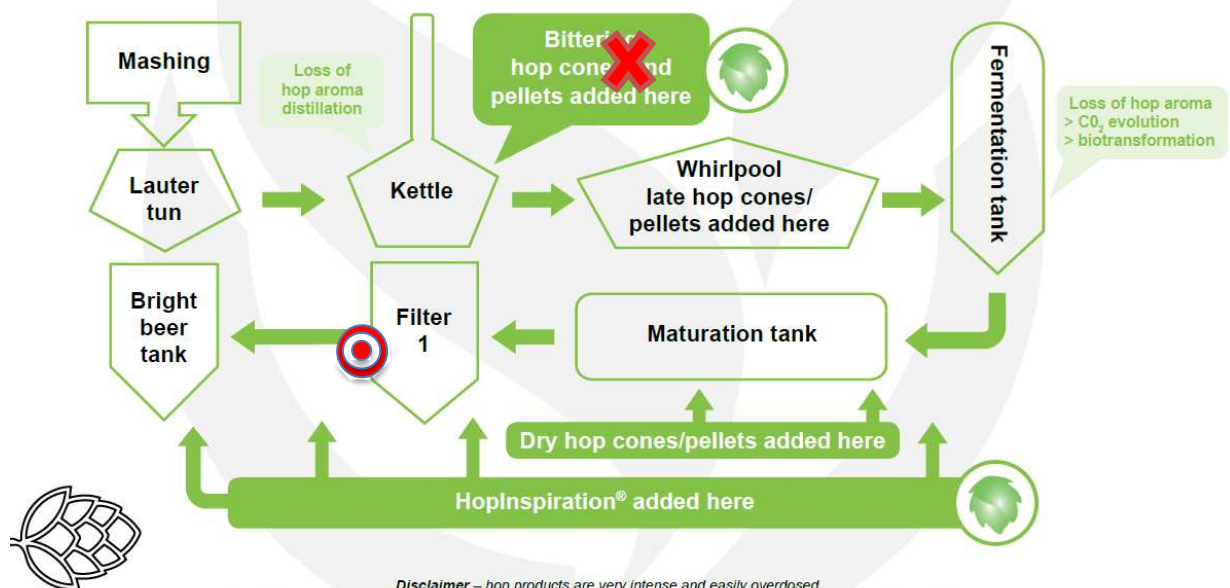
FIGURA 11 – MATERIA-PRIMA USO TRADICIONAL x TARDIO EX.1



FONTE: MATERIAL PUBLICITÁRIO KALSEC.

FIGURA 12 – MATERIA-PRIMA USO TRADICIONAL x TARDIO EX.2

ADDITION in BREWING process



Disclaimer – hop products are very intense and easily overdosed.
 Trials in breweries own base beer are not essential to establish dosage rates and suitability of products in each beer style.












FONTE: MATERIAL PUBLICITÁRIO TotallyNaturalSolutions® - CHARLES FARAN (2019).

2.3.1. Extratos de malte – Cor e *Flavors*

Existe uma grande variedade de concentrados de malte produzidos tradicionalmente. Se apresentam como soluções para ajuste de cor da cerveja de ótimo custo-benefício. Possuem tons de cores e perfis de sabor distintos para a criação do produto ao seu estilo, por meio da adição tardia à cerveja. Concentrados de malte são usados ainda na cerveja para restaurar o corpo, a espuma e a sensação na boca em níveis laboratoriais ou industriais e comerciais. Na FIGURA 13 se encontram os diferentes tipos produzidos pelo fabricante britânico Puremalt.

FIGURA 13 – INGREDIENTES CERVEJEIROS PUREMALT - GUIA DE APLICAÇÃO

Product Specifications:					
	Colour EBC [w/v]	Solids	pH	Density [g/litre]	
ZAB/65	< 140	65	4.2	1.315	
CB30/65	350	65	5.0	1.315	
CB120/65	1650	65	5.0	1.315	
CB220/65	2500	65	5.0	1.315	
CB400/65	3500	65	5.0	1.315	
RB3/65	3000	65	3.8	1.315	
RUBY	8250 [v/v]	65	3.5	1.295	
REX	9500 [v/v]	60	3.5	1.275	
RBSmooth	9500 [v/v]	50	4.0	1.220	
RB1500/40	15500	40	3.5	1.175	
RB1500/45	17000	45	3.5	1.180	

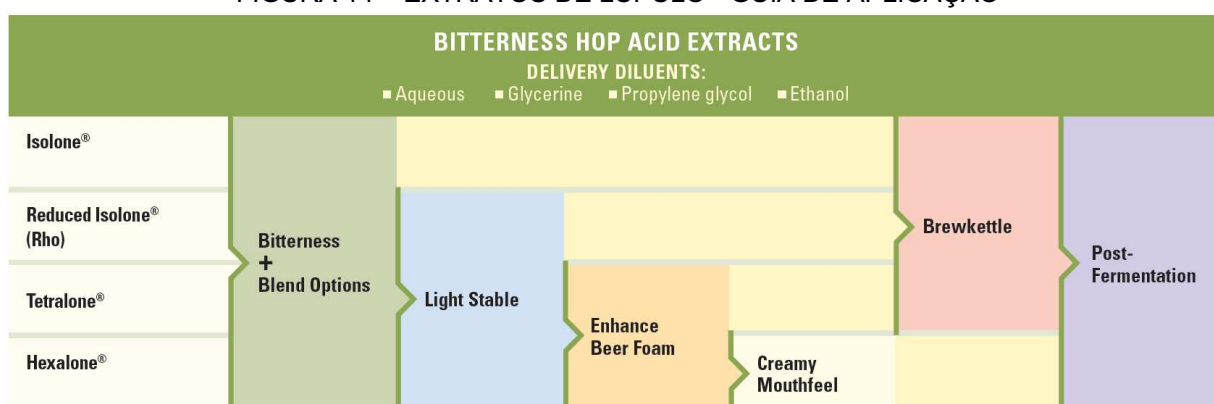
Addition Rate Guidance:		Addition Ranges [kg/hl]			
Product	Visual Colour Indicator	NAB/LAB Base	Colour Adjustment [+1 EBC]	Style Differentiation [To create a style]	
ZAB/65		4-7 kg/hl	-	-	NAB/LAB styles
CB30/65		-	-	0.1 - 1.0 kg/hl	Premium lagers and pale ales
CB120/65		-	-	0.1 - 1.0 kg/hl	Amber ales, bocks and red beer styles
CB220/65		-	-	0.1 - 1.0 kg/hl	Red lagers, bocks and Belgian ales
CB400/65		-	-	0.1 - 1.0 kg/hl	Bocks, mild ales, Belgian dark ales
RB3/65		0.1 - 0.2 kg/hl	-	0.1 - 0.5 kg/hl	Premium lagers, alternative styles
RUBY		-	0.016 kg/hl	0.4 - 0.6 kg/hl	Red beer styles
REX		-	0.013 kg/hl	1.0 - 1.3 kg/hl	Lager/pilsner colour adjustment or dark beer
RBSmooth		-	0.011 kg/hl	0.8 - 1.1 kg/hl	Porter, Stouts, schwarzbiers and dark ales
RB1500/40		-	0.007 kg/hl	0.3 - 0.7 kg/hl	Black lagers and dark beers
RB1500/45		-	0.006 kg/hl	0.2 - 0.6 kg/hl	Black lagers and dark beers

FONTE: MATERIAL PUBLICITÁRIO PUREMALT (2017).

2.3.2. Extratos de Lúpulo – Amargor

O extrato de lúpulo é um produto desenvolvido a partir da extração dos componentes do lúpulo, importantes para a cerveja. Esses são os alfa-ácidos e óleos essenciais que contribuem para o amargor, o aroma, a retenção de espuma e a estabilidade da cerveja. Isso é diferente de usar pellets (processo convencional) ou flores inteiras (processo original) de lúpulo, pois o extrato de resina de lúpulo elimina uma grande parte dos materiais inertes que vêm com os pellets e flores de lúpulo. Existem os extratos de lúpulo projetado para ser usado durante a fervura do mosto, em substituição ou complementação aos pellets de lúpulo. E existem os novos produtos de pós fermentação que são mais estáveis e puros, podendo ser adicionados com o mesmo propósito em etapas mais tardias de processamento ou à cerveja pré-acabada. A FIGURA 14 abaixo apresenta os diferentes tipos de extrato de lúpulo produzidos pelo fabricante Kalsec® líder global no desenvolvimento de sabores naturais e soluções sensoriais, cores naturais, proteção natural de alimentos e produtos avançados de lúpulo para os mercados de alimentos industrializados, bebidas, nutricional e farmacêutico. Outros fabricantes de produtos similares e concorrentes (como a Barth Haas, Charles Faran & Hopsteiner), foram consultados e são citados neste trabalho nas referências bibliográficas e nos créditos do material das figuras aqui apresentadas.

FIGURA 14 – EXTRATOS DE LÚPULO - GUIA DE APLICAÇÃO



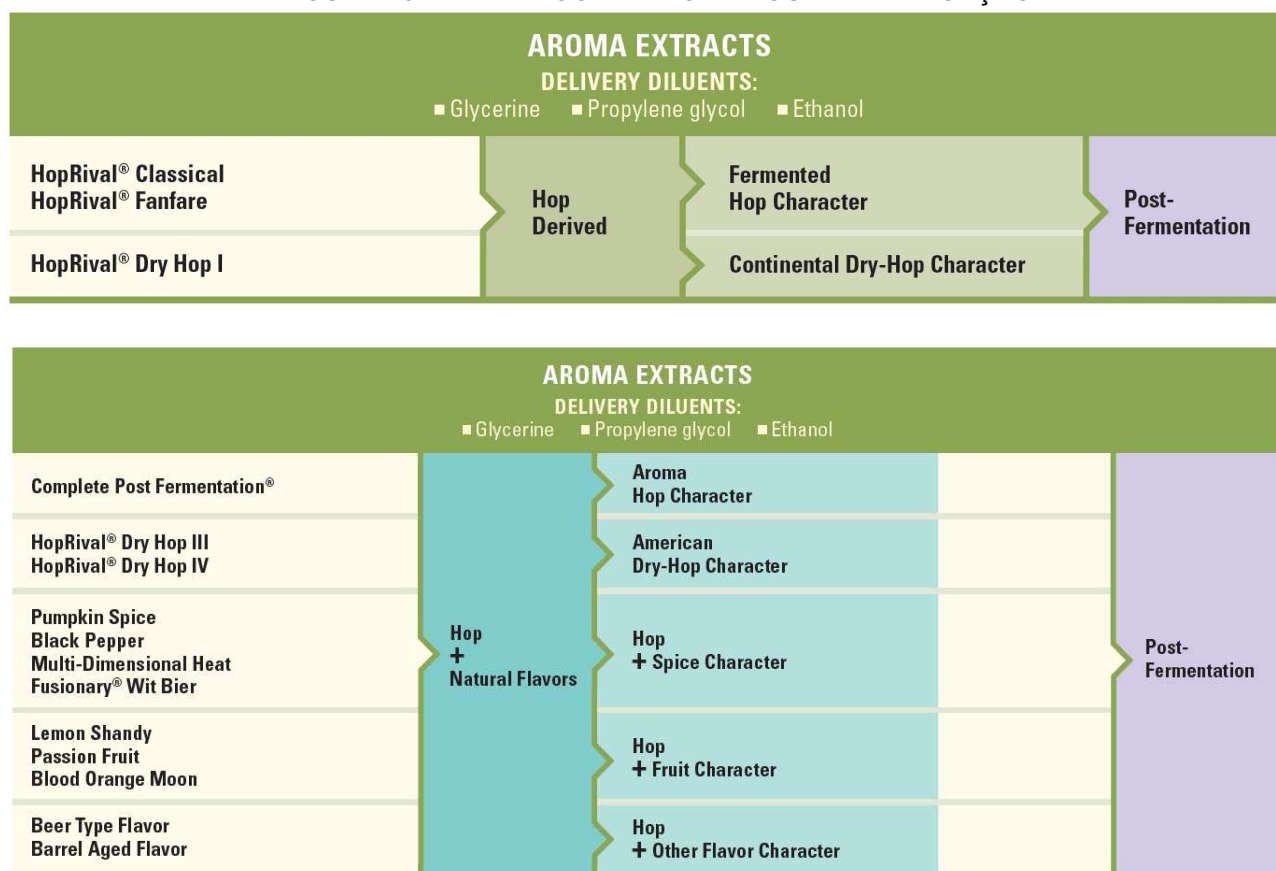
FONTE: MATERIAL PUBLICITÁRIO KALSEC® (2016).

2.3.3. Extratos de Lúpulo – Óleos essenciais: Aroma

Enquanto as resinas e os alfa-ácidos encontrados no lúpulo são responsáveis por tornar a cerveja amarga, os óleos essenciais dentro do cone de lúpulo contribuem com muitas das características de sabor e aroma. Os óleos de lúpulo são mais delicados do que os compostos amargos encontrados nas resinas do lúpulo. Além do lúpulo de fervura tardia, o *dry-hopping* é outra técnica para transmitir o aroma do lúpulo. Dentro do lúpulo, existem vários tipos diferentes de óleos de lúpulo. Suas proporções variam dependendo da variedade de lúpulo e das condições sazonais e locais.

Similar ao que foi apresentado no tópico acima, a FIGURA 15 apresenta os diferentes tipos de óleos essenciais de lúpulo produzidos pela empresa Kalsec®.

FIGURA 15 – EXTRATOS DE AROMA - GUIA DE APLICAÇÃO

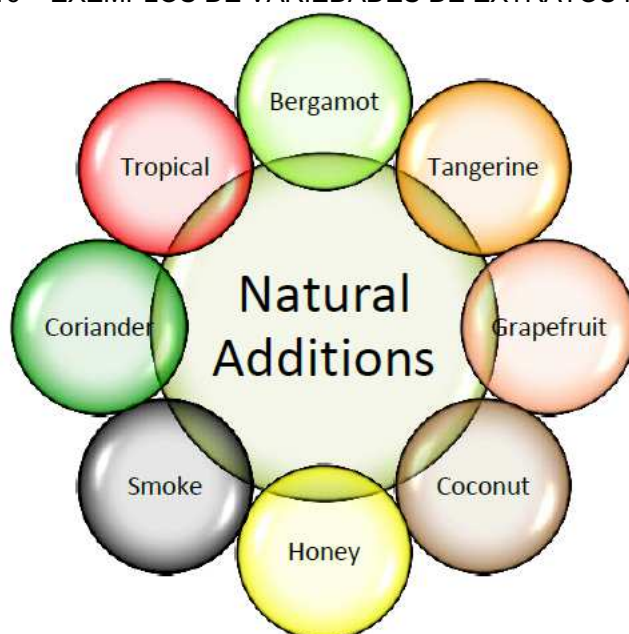


FONTE: MATERIAL PUBLICITÁRIO KALSEC® (2016).

2.3.4. Outros ingredientes de aroma

Outros produtos de origens naturais são obtidos a partir do lúpulo por métodos específicos de extração e destilação com a adição de outros compostos aprimorado de origem natural. Possuem como características serem solúveis em cerveja e outras bebidas e oferecem um meio alternativo de adicionar diferentes tipos de aroma natural. Eles podem complementar uma adição de aroma de produtos de lúpulo tradicionais (cones ou pellets) com manuseio mais fácil e perdas reduzidas de cerveja. Não devem trazer impacto à qualidade da cerveja como prejudicar estabilidade de espuma ou aumentar a turbidez. Na FIGURA 16 se encontra um gráfico que representa uma linha de aromas especiais produzida pelo fabricante Barth-Haas Group.

FIGURA 16 – EXEMPLOS DE VARIEDADES DE EXTRATOS NATURAIS



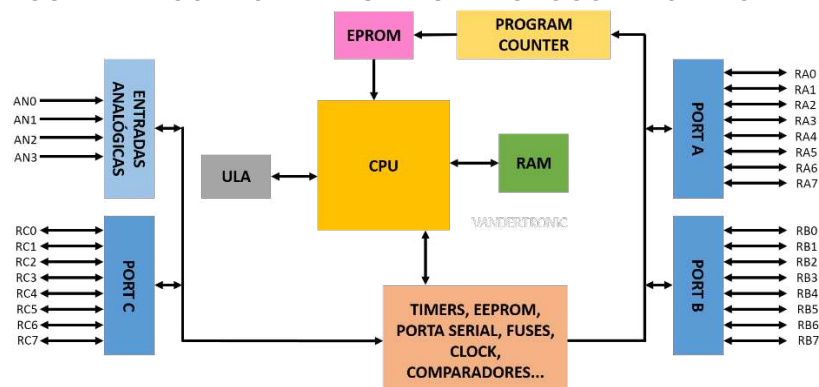
FONTE: MATERIAL PUBLICITÁRIO BARTH-HAAS GROUP (2016).

2.4. MICROCONTROLADORES E SISTEMAS EMBARCADOS

Microcontroladores são circuitos integrados que possuem em seu interior todos os componentes necessários ao seu funcionamento dependendo unicamente da fonte de alimentação externa. Pode-se dizer que os microcontroladores são computadores de um único chip. Um sistema microprocessado é composto por uma unidade central de processamento CPU e um conjunto de periféricos necessários ao seu funcionamento. Dentre estes periféricos pode-se destacar a memória de dados, a memória de programa e o circuito de *clock*. Os microcontroladores diferem dos sistemas tradicionais por já integrarem os seus periféricos dentro do próprio componente. Sistemas microcontrolados não necessitam de muitos componentes, o que torna mais simples a construção das placas de circuito e diminui o custo dos componentes e da produção. Vide abaixo na FIGURA 17 um esquema típico de um microcontrolador e seus componentes.

Os microcontroladores são muito utilizados pela sua versatilidade, pois seu comportamento depende principalmente do software que nele é gravado. Assim um mesmo microcontrolador pode ser utilizado para uma infinidade de aplicações bastando apenas mudar o seu software. Outra vantagem é a possibilidade de atualização de um produto através da atualização do software do microcontrolador, o que não é possível com circuitos analógicos ou digitais tradicionais.

FIGURA 17 – COMPONENTES DE UM MICROCONTROLADOR TÍPICO

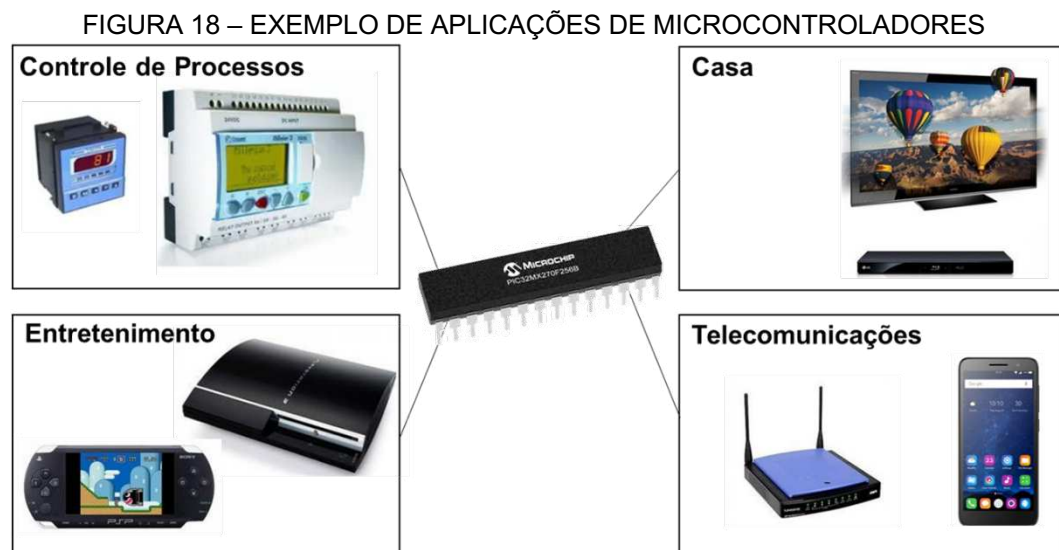


Fonte: Site Vandertronic

2.4.1. Aplicações dos microcontroladores

Os microcontroladores são utilizados em praticamente todos os dispositivos eletrônicos digitais atuais, como por exemplo, centrais de alarme, teclados do computador, monitores, discos rígidos de computador, relógio de pulso, máquinas de

lavar, forno de micro-ondas, telefones, rádios, televisores, automóveis, aviões, impressoras, marca passos, calculadores, etc. Microcontroladores também são muito utilizados na indústria, como por exemplo nos controladores de processos, sensores inteligentes, inversores, *softstarters*, interfaces homem máquina, controladores lógicos programáveis, balanças, indicadores digitais, etc. Devido a sua grande versatilidade e ao seu baixo custo, praticamente qualquer dispositivo eletrônico pode fazer uso dos microcontroladores. Alguns exemplos são indicados na FIGURA 18 a seguir.

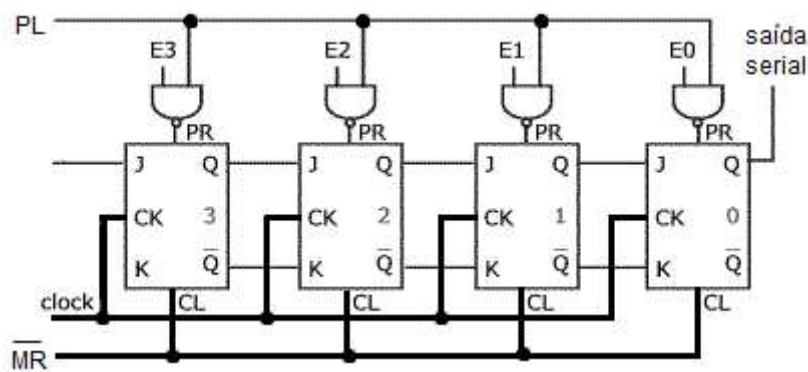


Fonte: Compilação dos autores - Montagem a partir de imagens coletadas em sites diversos.

2.4.1.1 Registradores

Os registradores são a base para o funcionamento de qualquer CPU, e é formado por um grupo de elementos (*flip-flop's*, por ex.) capazes de armazenar uma informação, e que funcionam juntos como uma unidade. Os registradores mais simples armazenam uma palavra binária que pode ter “n” bits. Dentre os inúmeros componentes digitais, os registradores têm uma importância muito grande no que diz respeito aos microcontroladores. O que torna os registradores tão especiais é a capacidade que eles têm de armazenar informações. A FIGURA 19 apresenta um registrador simples para palavras de quatro bits.

FIGURA 19 – ESQUMA LÓGICO DE UM REGISTRADOR

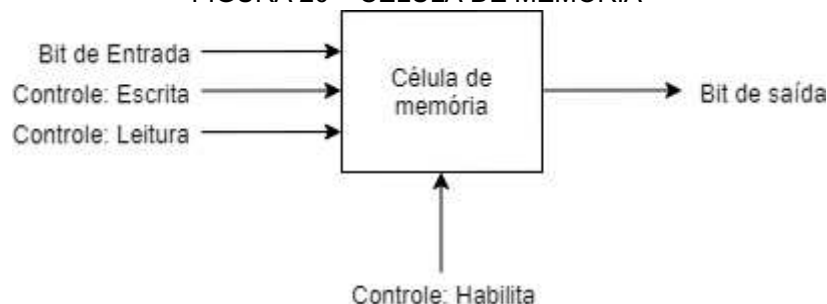


Fonte: Apostila Microcontroladores IFSC.

2.4.1.2 Memórias

O conjunto de células de memória formam uma palavra. De modo geral, a memória consiste de um grupo de palavras, sendo cada uma identificada de maneira unívoca por um endereço. Uma característica da palavra é a sua capacidade de armazenar informação, isto é, a quantidade de bytes – ou bits – que a palavra representa (FIGURA 20).

FIGURA 20 – CÉLULA DE MEMÓRIA



Fonte: Site Embarcados.

2.4.1.3 Tipos de Memória

Memória ROM

A sigla inglesa ROM (*Read Only Memory*), significa literalmente memória só de leitura. Esta é escrita de modo definitivo pelo construtor, que a introduz na máquina e disponibiliza para tarefas específicas, podendo ser lida apenas pelo microprocessador. Na ausência de energia elétrica, o conteúdo dessa memória não se perde. Essa propriedade da memória ROM a caracteriza como não volátil.

Memória RAM

A sigla inglesa RAM (*Random Access Memory*), significa literalmente memória de acesso livre. A memória RAM pode ser escrita e lida em qualquer momento no microprocessador. É volátil porque perde seu conteúdo na ausência de alimentação. Pode transformar-se em não volátil com a presença de pequenos acumuladores que mantém a alimentação quando o aparelho é desligado (bateria de *backup*). Desse modo os dados são preservados por muitos meses.

Memória EPROM

A sigla inglesa EPROM (*Erasable Programmable Read Only Memory*), significa literalmente memória só de leitura, podendo ser cancelável e reprogramável. As memórias EPROM não são voláteis e podem ser lidas somente pelo microprocessador, mas ao contrário da memória ROM, podem ser canceladas e escritas de novo pelo usuário com um aparelho específico, chamado de programador de EPROM. A vantagem da EPROM está no fato de ela poder ser reutilizada muitas vezes. As desvantagens é o custo adicional do programador EPROM e a necessidade da retirada da memória para se poder cancelá-la.

Memória EEPROM

Essa memória tem um E a mais que a memória EPROM referente ao inglês *electrically*, eletricamente. As EEPROM são memórias que tem a mesma característica da memória EPROM, porém são canceláveis eletricamente e não precisam ser retiradas fisicamente para isso.

Memória FLASH

As características das memórias *FLASH* são grande confiabilidade, consumo reduzido, leveza, possibilidade de ler e escrever com sinais elétricos.

2.4.2. Sistemas Embarcados

Um sistema embarcado é um computador construído para o único propósito da sua aplicação, ao invés de prover um sistema computacional generalizado (FIGURA 21). Essa definição independe da sua construção, pode abranger desde lógicas

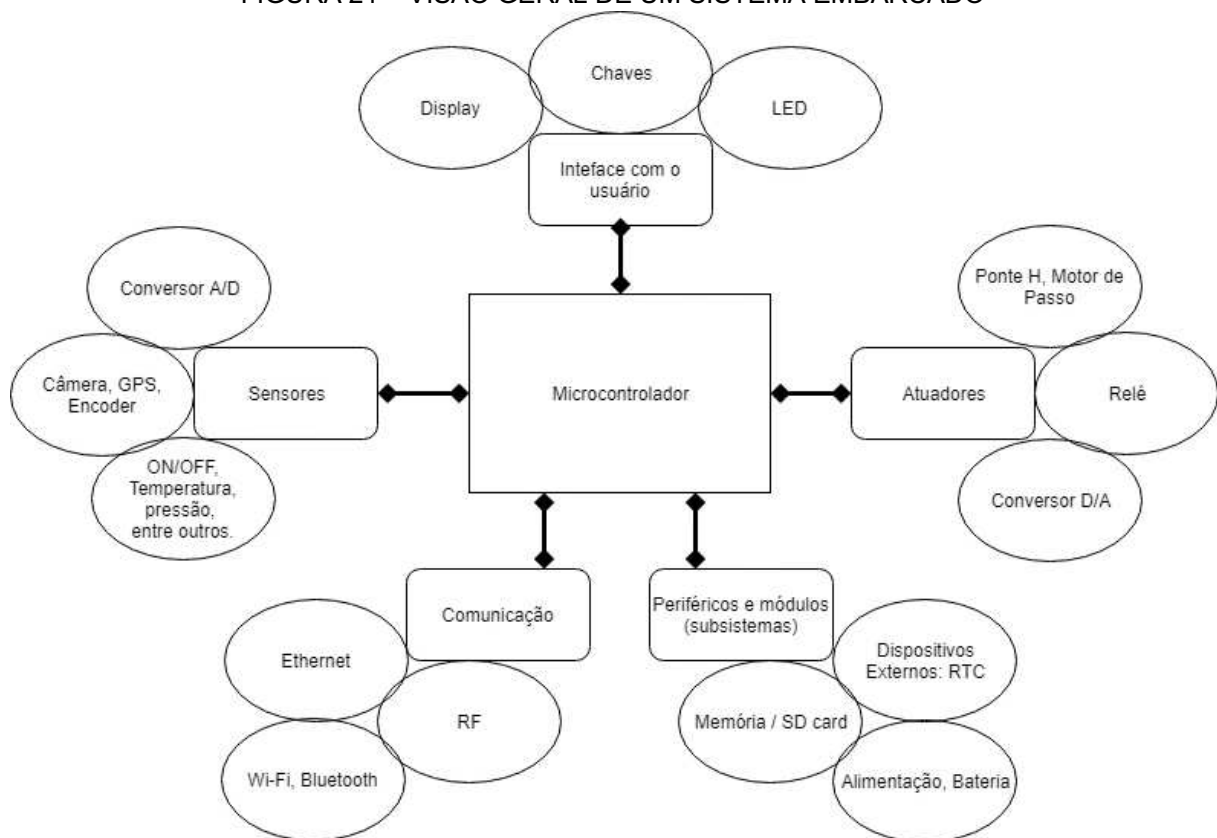
combinacionais e processadores de 8-bits, até processadores de 64-bits *multi-cores* e ASICs.

Historicamente, no Brasil, o termo sistema embarcado passou a ser adotado a partir de 2007, quando no Wikipédia uma página foi criada definindo-o. Antes, esse tipo de sistema era chamado de eletrônicos de forma geral, termo no qual não consegue representar satisfatoriamente a complexidade de desenvolvimento e os poderes computacionais que diferenciavam os sistemas embarcados dos eletrônicos sem habilidade computacional, e, portanto fora substituído pela tradução direta do inglês *embedded system* movido pelo interesse dos próprios engenheiros da área.

O primeiro sistema embarcado que se tem conhecimento é o AGC (*Apollo Guidance Computer*). Era um computador que operava a 1,024 MHz e era responsável pelo total controle das espaçonaves Apollo, que levaram diversas vezes o homem à Lua nos anos 60 e 70. O AGC, no entanto, não possuía processador, era todo feito com portas NOR.

Sistemas embarcados estão cada vez mais baratos e acessíveis, demandam menor consumo de energia e, além de mais compactos, possuem maior poder de processamento. Com esse crescente poder de processamento, que é cada vez maior com o passar do tempo, o mundo será cada vez mais micro conectado, onde não só os computadores acessam a internet, mas também os objetos, até que em um futuro não tão longilíneo, a linha que divide o real do virtual será tênue, se não imperceptível. Esse avanço, assim como os que já se passaram, também será graças aos sistemas embarcados.

FIGURA 21 – VISÃO GERAL DE UM SISTEMA EMBARCADO



Fonte: Site Embarcados.

2.4.3. Arduino

O Arduino (FIGURA 22) é uma plataforma *open source* ou *hardware* para prototipagem eletrônica, projetada com um microcontrolador Atmel AVR com suporte para entrada/saída de dados já embutido, com linguagem de programação padrão baseado no em C/C++.

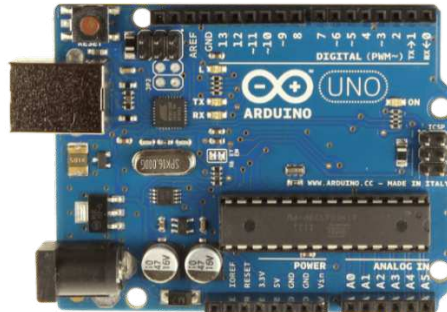
Utiliza-se o Arduino hoje porque por causa da velocidade que se consegue desenvolver algo, e se é rápido também é mais simples, isso é conseguido devido a modularidade do Arduino, da farta documentação e da grande quantidade de módulos disponíveis para se conectar ao Arduino.

Antes do Arduino os projetos eram realizados soldando componente por componente, e depois criando módulo por módulo, cabo por cabo, isso exigia habilidade com ferro de solda, e atrasava o desenvolvimento e muitas vezes até inviabilizava devido à complexidade de alguns projetos.

Com o Arduino, a placa já vem pronta com todos os componentes, conectores e soquetes soldados, não precisa montar tudo do zero, então é só conectar as partes

e partir para o projeto realmente, o problema passa a ser a solução do desenvolvimento da aplicação e não o problema para montagem do hardware básico.

FIGURA 22 – ARDUINO UNO



Fonte: Site Arduino Santa Efigênia

2.4.3.1 Linguagem de Programação do Arduino

A linguagem de programação utilizada para programar o Arduino é a linguagem C++ com algumas pequenas modificações.

Essa linguagem de programação é muito poderosa, porque essa linguagem não tem limitações, com C++ consegue-se o acesso a todo o hardware do aparelho, é muito utilizada em computadores PC.

O C++ é uma linguagem rápida e é relativamente fácil de se compreender. Alguns microcontroladores PICs mais limitados ainda são programados em linguagem ASM porque o hardware é muito mais simples e exige um código mais enxuto, e isso só é conseguido com linguagem ASM.

No Arduino não é necessário utilizar linguagem ASM, porque o processador tem mais capacidade.

2.4.4. ESP32

O ESP32 é um microcontrolador (FIGURA 23 e FIGURA 24), assim como o Arduino, mas que possui conectividade *bluetooth* e *WiFi* já integradas na placa. Isso facilita muito em projetos IoT (*Internet of Things*), já que eles estarão constantemente trocando informações com a rede. O ESP32 é uma evolução do módulo ESP8266, portanto vários de seus erros e problemas foram melhorados nesse módulo. Para programar o dispositivo é possível utilizar várias *IDEs*, como a do Arduino, *CodeBlocks*, *Netbeans*, Lua e muitas outras.

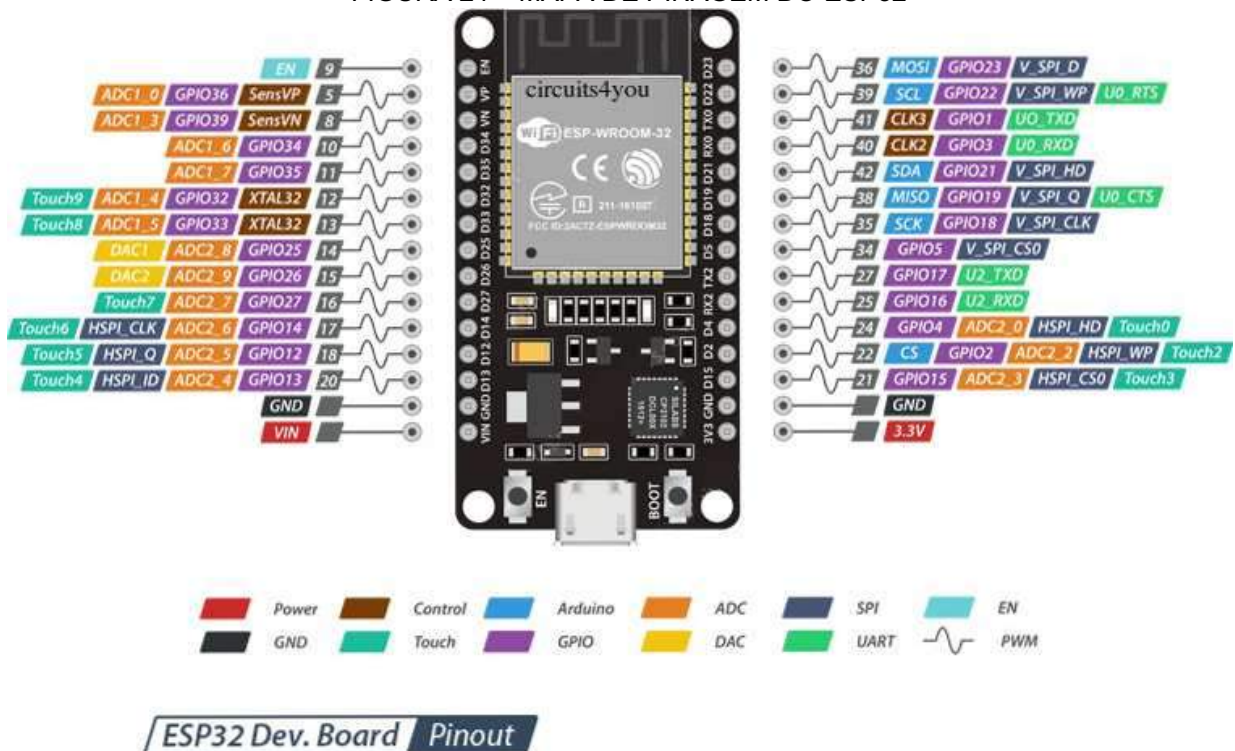
FIGURA 23 – ESP32



Fonte: Site Filipeflop

As portas GPIO da placa são capazes de fornecer até 12mA. Dessa forma, elas são utilizadas como entradas e saídas digitais. A placa também conta com 10 sensores de toque capacitivos, que reagem a toques e enviam a informação para a placa. O ADC embutido na placa serve para converter grandezas analógicas em digitais, sendo 16 pinos com essa funcionalidade. A placa conta com portas 5V e 3.3V, GND, pinos de comunicação serial TX e RX, e outros. Assim, em alguns casos, um único pino da placa pode ser utilizado para várias funcionalidades. O ESP32 ainda conta com um sensor de temperatura embutido para controlar a temperatura de operação da placa.

FIGURA 24 – MAPA DE PINAGEM DO ESP32



Fonte: Site Circuits4you

2.4.5. Raspberry Pi

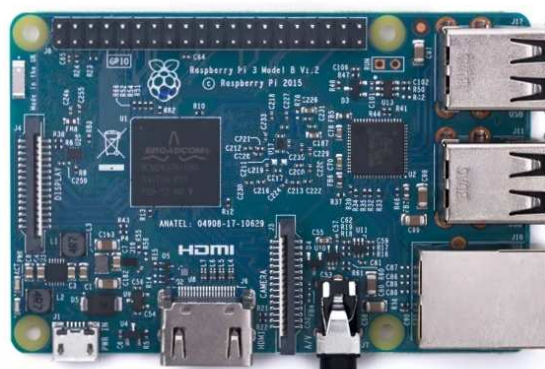
O Raspberry Pi (ou RPi) é um micro-computador completo, com seus componentes em uma única placa lógica. Há o processador, a memória RAM e a placa de vídeo impressos, e entradas USB, HDMI, áudio e vídeo composto, para câmera e telas LCD e uma GPIO, com pinos I/O de múltiplo propósito. A alimentação é feita através de uma porta microUSB, que permite usar fontes de energia de telefones celulares.

O dispositivo foi criado no Reino Unido pela Fundação Raspberry Pi, uma organização sem fins lucrativos focada na promoção e no ensino de ciência da computação básica para jovens em escolas e universidades da Europa, com produtos de preço acessível. O RPi pode ser utilizado como um computador normal, com teclado, mouse, monitor (TVs de tubo inclusas), fonte e um cartão microSD com o sistema e programas.

Modelos de Raspberry Pi:

O RPi possui três modelos principais (FIGURA 25, FIGURA 26 e FIGURA 27), alguns com pequenas variações.

FIGURA 25 – RASPBERRY PI MODEL B



Fonte: Site Tecnoblog

O Model B, ou simplesmente Raspberry Pi, é o modelo original. Ele está hoje na terceira geração, e o mais recente é o RPi 3 Model B+. Este é o de configuração mais poderosa, entre processador (Broadcom BCM2837B0), memória RAM (1 GB) e quantidade de portas; ele suporta *Wi-Fi*, rede cabeada e *Bluetooth* 4.2.

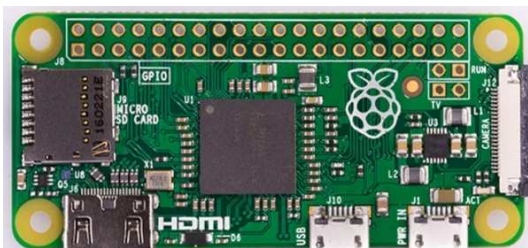
FIGURA 26 – RASPBERRY PI MODEL A



Fonte: Site Tecnoblog

O Raspberry Pi Model A é uma versão menor e resumida do Raspberry Pi Model B. Hoje, na versão 3 Model A+, traz uma porta USB, menos memória RAM (512 MB) e não tem porta Ethernet. Mas as demais especificações são iguais às do modelo principal. O Raspberry Pi Zero é a versão diminuta, com apenas 65 x 30 x 5,4 mm. Ele traz um processador mais fraco, 512 MB de RAM e duas portas microUSB (alimentação e dados), uma Micro HDMI e para cartão microSD.

FIGURA 27 – RASPBERRY PI ZERO



Fonte: Site Tecnoblog

2.5. REFERÊNCIA SISTEMAS DE DOSAGEM – EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

Alguns trabalhos existentes, encontrados durante a revisão bibliográfica, sugerem a viabilidade de construção do equipamento agora idealizado. Uma das fontes de referência foi o material referenciado abaixo, produzido por um dos fabricantes destes extratos dos EUA de nome Kalsec® (cujos produtos são derivados de ervas, especiarias, vegetais e lúpulos naturais que são transformados em extratos líquidos de fácil uso, ideal para formulações de produtos de inovação da indústria de alimentos e bebidas).

Kalsec® Craft Brew Solutions™ (K-CBS) informa que não são necessários sistemas de dosagem avançados para usar estes tipos de produtos. Entretanto segundo Kalsec®, para dosagem mais consistente e melhores resultados, os

cervejeiros que dedicam tempo para projetar e instalar sistemas de dosagem de maior tecnologia, têm a melhor chance de sucesso com seus produtos – tanto do ponto de vista de desempenho quanto econômico. O custo de uma instalação destas mais do que se compensa em relação ao longo prazo. A adição no tanque de cerveja é realizada, quando um sistema de dosagem dedicado não está disponível. K-CBS pode ser inserido em um tanque de maturação vazio, cerveja pré-filtrada ou tanque de cerveja filtrada. Deste modo deve ser adicionado do fundo para ajudar a dispersar na solução, e transferido para outro tanque de cerveja vazio para uma mistura ainda melhor. A injeção direta em linha é o processo mais recomendado, feito direto ao fluxo de cerveja, de preferência antes de uma bomba para uma melhor mistura, proporcionalmente ao fluxo de cerveja, utilizando equipamento de dosagem precisa, projetado para baixas taxas de dosagem.

Quanto aos materiais de construção: aço inoxidável austenítico é preferido; não é recomendado o uso de alumínio, latão, cobre ou aço carbono; polipropileno de qualidade alimentar e PTFE (Teflon®) são preferidos em relação a outros tipos de plástico (como polietileno de baixa densidade, Kynar®, PVDF); PVC e ABS não são recomendados. Bombas de dosagem precisam ser de tamanho apropriado, como as bombas de pequeno volume usadas em aplicações farmacêuticas, e devem ser projetadas para bombear K-CBS diretamente proporcional ao fluxo de cerveja; ou seja, um sinal é recebido pela bomba de um medidor de fluxo magnético na linha de cerveja K-CBS para ser tratado. Tanto o medidor de fluxo quanto a bomba devem ser dimensionados adequadamente.

2.5.1. Equipamento para dosagem (exemplos com fotos):

Neste subcapítulo serão apresentados equipamentos para dosagem com precisão necessária ao objetivo do protótipo desenvolvido neste trabalho. A FIGURA 28 e a FIGURA 29 exemplificam sistemas de dosagem por seringa, na FIGURA 30 e FIGURA 31 é possível observar um sistema dosador volumétrico. Por fim, a FIGURA 32 exemplifica uma bomba peristáltica.

Já na FIGURA 33 e FIGURA 34 são observados exemplos de montagem dos equipamentos descritos.

2.5.1.1. Sistemas de Dosagem por seringa:

FIGURA 28 – SISTEMA DE DOSAGEM - THERMO ORION SAGE



Fonte: KALSEC® Craft Brew Solutions

FIGURA 29 – BOMBA DE SERINGA PROGRAMÁVEL - NEW ERA

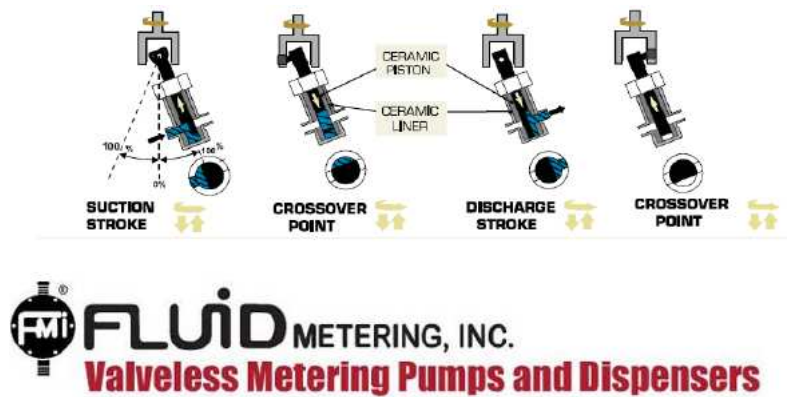


Fonte: KALSEC® Craft Brew Solutions

2.5.1.2. Bombas Dosadoras:

As bombas dosadoras são normalmente bombas volumétricas oscilantes. Durante o curso de retorno do deslocador é aspirado um volume preciso de líquido e durante o curso de pressão este é comprimido no tubo de dosagem. Os ajustes da bomba podem ser alterados para se obter uma dosagem precisa permanente.

FIGURA 30 – BOMBA MEDIDORA "VALVELESS" - FLUID METER INC.



Fonte: KALSEC® Craft Brew Solutions

FIGURA 31 – BOMBA DOSADORA - PROMINENT®



Fonte: KALSEC® Craft Brew Solutions

2.5.1.3. Bombas Peristálticas:

Uma bomba peristáltica é um tipo de bomba de deslocamento positivo usada para bombear uma grande diversidade de fluidos. O fluido está contido num tubo flexível, instalado dentro de uma corpo circular em que o descolamento é feito pelo movimento circular de rodetes ou sapatas ao longo do tubo. O modelo da Figura 6 especificamente é dotado de um programador que aceita programação de diferentes proporções, para um volume programado de extrato ou para uma determinada taxa de fluxo.

FIGURA 32 – BOMBA PERISTÁLTICA COM PROGRAMADOR – WATSON MARLOW



Fonte: KALSEC® Craft Brew Solutions

2.5.1.4. Exemplo de instalação A:

Uso de balde como reservatório de ingrediente e bombas dosadoras.

FIGURA 33 – BALDE RESERVATÓRIO E BOMBAS PERSITÁLTICAS



Fonte: KALSEC® Craft Brew Solutions

2.5.1.5. Exemplo de instalação B:

Uso de tanque como reservatório de ingrediente e bomba peristáltica.

FIGURA 34 – TANQUE RESERVATÓRIO



Fonte: KALSEC® Craft Brew Solutions

2.6. REFERÊNCIAS PROJETOS SIMILARES – DISPENSERS AUTOMÁTICOS

Conforme citado mais adiante no Capítulo 3, foi identificado no decorrer do projeto que além da possível aplicação do equipamento de mistura para uso na indústria (o primeiro objetivo imaginado para este projeto), podia-se sugerir a mistura dos ingredientes à cerveja diretamente ao copo, pelo consumidor final. Como parte dos ingredientes líquidos pesquisados podem ser utilizados no produto acabado, resolveu-se testar esta viabilidade, através da montagem de um protótipo de um “*dispenser*” de cerveja e ingredientes líquidos, de maneira que no momento que o consumidor se servir do líquido principal, os ingredientes sejam adicionados (dosados) em quantidade conhecida para modificação da cerveja utilizada como matriz.

Em pesquisa realizada sobre a existência de projetos similares de equipamentos, encontrou-se algumas referências de projetos utilizados como “*dispensers*” automáticos, em várias aplicações como para *personal care* (sabonetes, perfumes, álcool) desde apenas seu fracionamento (enchimento de embalagens), até

inclusive para bebidas, desde projetos experimentais como *vending machines* de preparação de *drinks*. Abaixo apresenta-se algumas destas referências.

2.6.1. *Dispenser Automático* – Kit Projeto Arduino (loja virtual Robocore)

Kit de peças preparado pela loja virtual / website Robocore, composto por microcontrolador, bomba peristáltica, mangueiras, componentes eletrônicos e estrutura em acrílico para montagem de um *dispenser* de líquidos caseiro, para álcool, sabonete líquido, entre outros, com acionamento por sensor de presença e temporizador (FIGURA 35).

FIGURA 35 – DISPENSER AUTOMÁTICO ROBOCORE



Fonte: Site Robocore

2.6.2. Cocktail Machine – Projeto Arduino (GreatScott - Youtube)

Instruções para projeto Arduino de fabricação de uma máquina de preparo de coquetéis/drinks artesanal, a partir da mistura de bebidas alcoólicas e sucos ou xaropes (FIGURA 36). Projeto contém microcontrolador, 3 bombas peristálticas, IHM/dial e medição de peso por célula de carga.

FIGURA 36 – COCKTAIL MACHINE GREATSCOTT

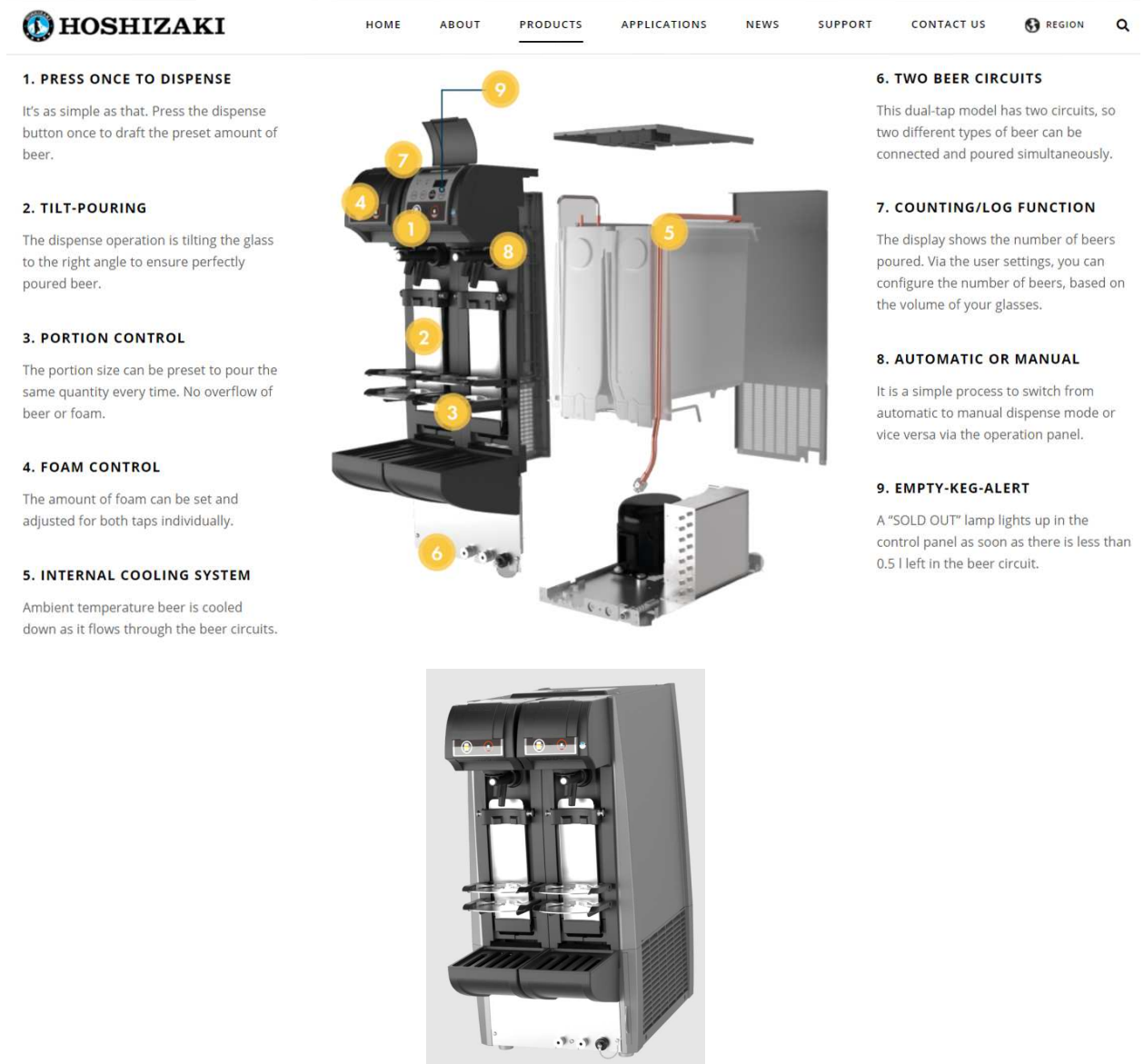


Fonte: Site YouTube

2.6.3. Beer Dispenser – Beermatic Dualtap (fabricante: Hoshizaki)

Máquina comercial tipo *dispenser* para cervejas (chopeira), “inteligente” com plataforma embarcada, para uso residencial, contendo 2 bicos de cerveja (FIGURA 37).

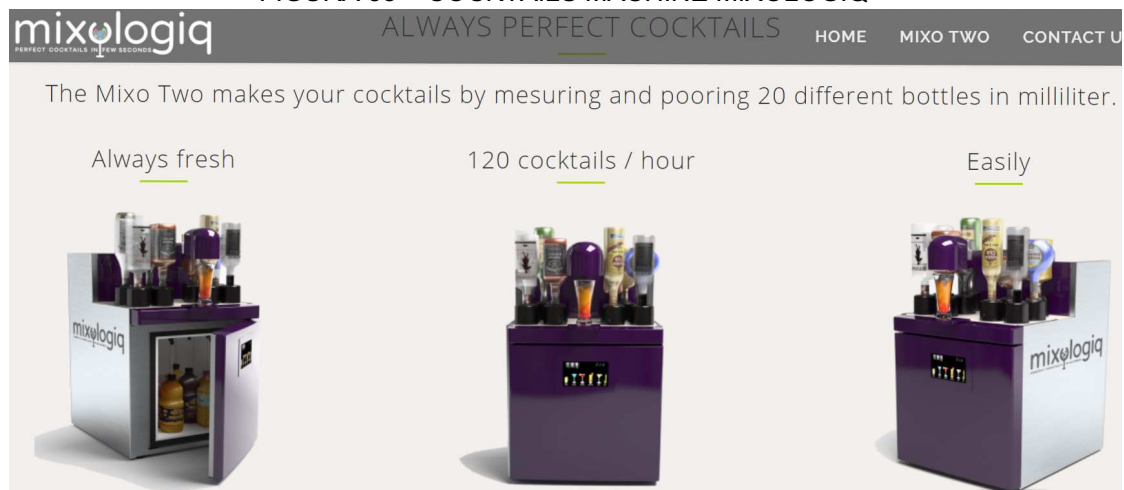
FIGURA 37 – BEER DISPENSER HOSHIZAKI



2.6.4. Cocktail Machine – Mixo One & Mixo Two (fabricante: Mixologiq)

Máquina comercial tipo dispenser para preparação de drinks, “inteligente” com plataforma embarcada e medição volumétrica (FIGURA 38), para uso em bares e restaurantes.

FIGURA 38 – COCKTAILS MACHINE MIXOLOGIQ

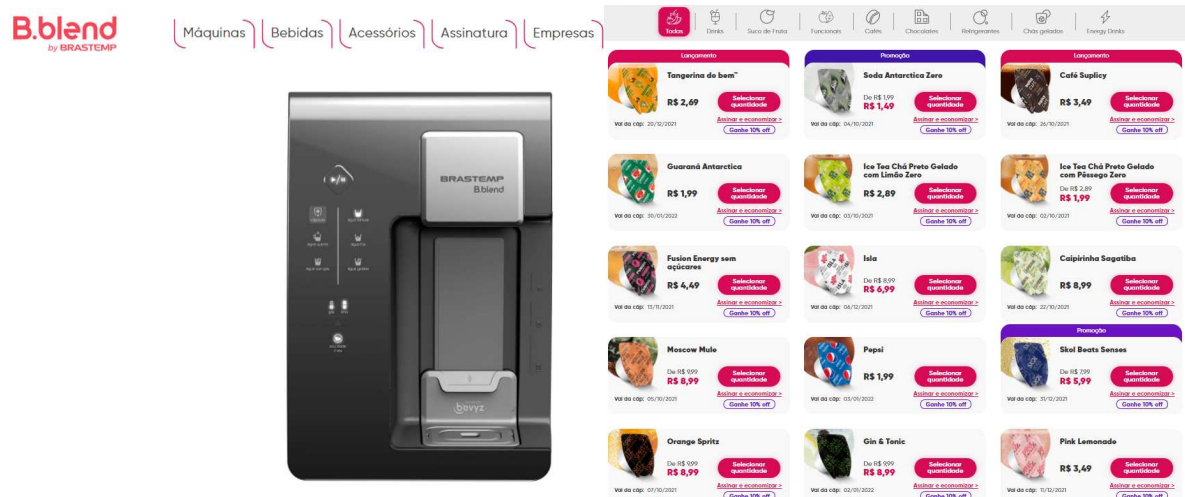


Fonte: Site Mixologiq

2.6.5. Máquina de Bebidas em Cápsulas – B.blend (fabricante: Brastemp / Whirlpool)

Plataforma de solução de bebidas (FIGURA 39) é uma joint-venture da Whirlpool com a Ambev. A empresa é a criadora da primeira máquina de bebidas em cápsula all.in.one do mundo, com mais de 35 sabores de bebidas em cápsulas incluindo bebidas alcoólicas, refrigerantes, sucos, chás, entre outras.

FIGURA 39 – B.BLEND : MÁQUINA DE BEBIDAS EM CÁPSULAS

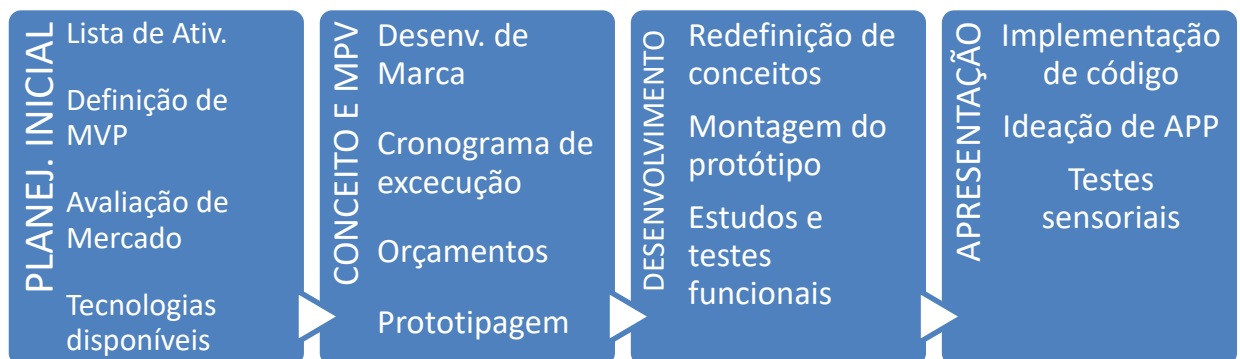


Fonte: Site BBlend

3. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em 3 etapas conforme apresentado no fluxograma da FIGURA 40.

FIGURA 40 – FLUXOGRAMA DAS PRINCIPAIS ETAPAS DO TRABALHO



FONTE: Os autores (2021)

3.1. PLANEJAMENTO INICIAL

No desenvolvimento inicial do projeto, após levantamento das tecnologias e pesquisa bibliográfica, focou-se no desenvolvimento de um equipamento industrial para indústria cervejeira artesanal. Uma lista de atividades foi proposta como apresentada na tabela abaixo.

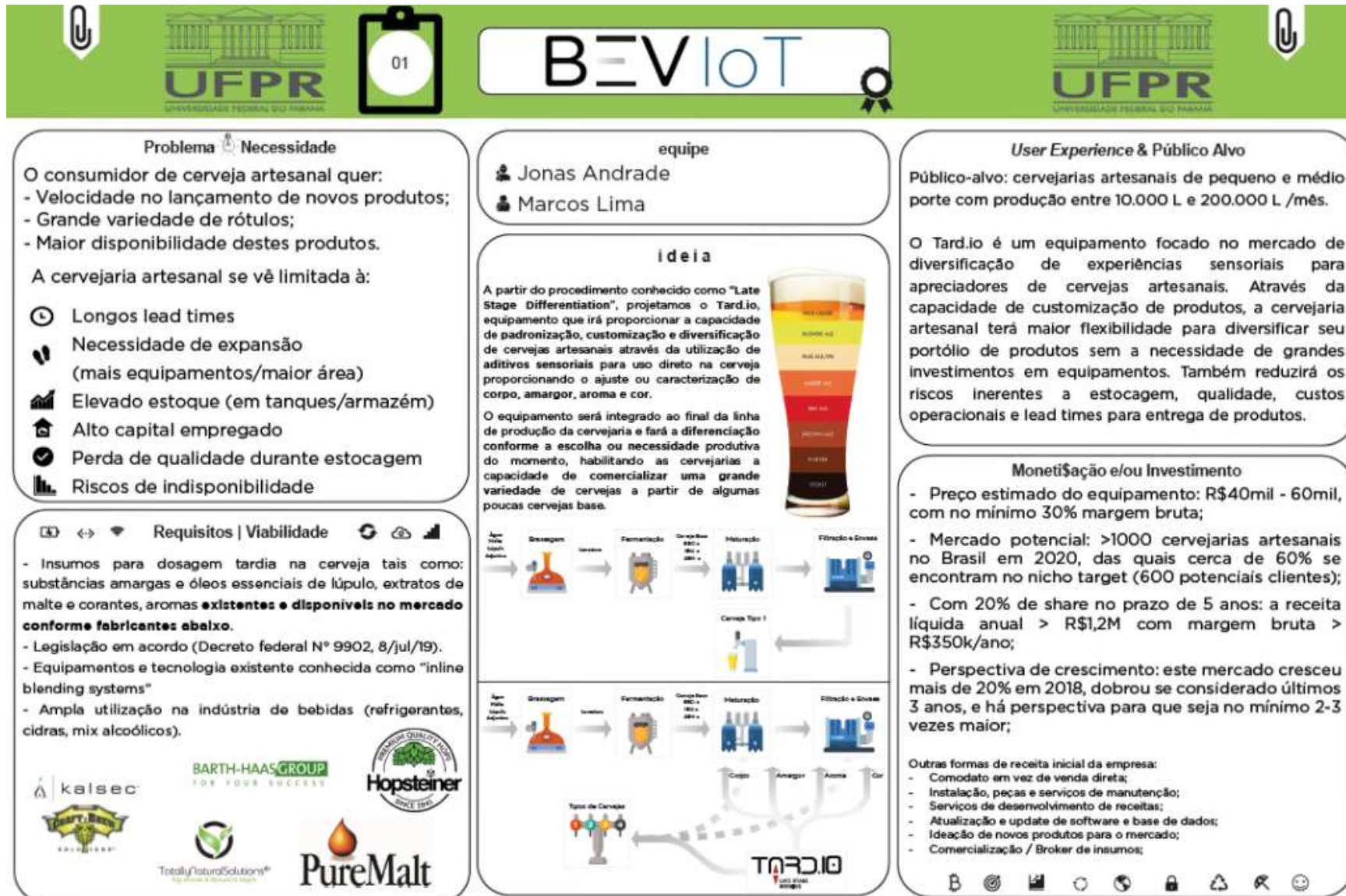
TABELA 1 – LISTA DE ATIVIDADES

1		Desenvolvimento Conceitual do Projeto
	1.1	Apresentação ppt da ideia
		Validação do tema com coordenador do curso
		Desenvolvimento logo e marca
		Apresentação ppt para o "Pitch Day"
		Fundamentação técnica da aplicação - teoria "Pitch Day"
2		Definição bases tecnológicas do projeto
		Busca modelo atributos cerveja
		Banco de dados tipos de cerveja por atributos
		Busca ingredientes downstream para cerveja no mercado
		Banco de dados ingredientes dosagem tardia
		Definição matemática de interação dos produtos x variáveis
3		Desenvolvimento do protótipo
		Definição do modelo do protótipo
		Definição do hardware
		Compra do hardware
		Descritivo Funcional
		Desenvolvimento da programação
		Projeto/design protótipo (fluxograma e esboço 3D)
		Montagem do protótipo
		Testes
		Apresentação do protótipo - Pitch Day (31/08/19)
4		Desenvolvimento do equipamento/produto
		Engenharia do processo
		Especificação de hardware/componentes
		Design do equipamento
		Especificação do hardware/automação
		Definição software
		Desenvolvimento software programação
		Desenvolvimento software APP
5		Proteção ideia e produto
		Consultas
		Registro de marca
		Elaboração de projeto de solicitação e registro do produto
		Registro de patente
6		Captação recursos para o projeto

FONTE: Os autores (2020)

O mercado e público alvo foram ainda definidos com a finalidade proposta, tendo sido a ideia apresentada no Pitch Day UFPR – Cervejaria Bode Brown e defendida no formato de um Canvas “versão A” conforme FIGURA 41.

FIGURA 41 - CANVAS VERSÃO A



FONTE: Os autores (2020)

3.2. DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DO PRODUTO

Na sequência do projeto, pensou-se já na identidade do produto e da empresa, tendo sido desenvolvidos nome e logomarca para ambos. O equipamento, produto desta ideação, foi nomeado TARD.IO (FIGURA 42), já que o objetivo foi trabalhar aspectos da diferenciação tardia da bebida utilizando-se de tecnologia embarcada. Na mesma linha de pensamento, já preparando a ideia de comportar outros produtos ligados ao mercado de bebidas e tecnologia, foi idealizado BEVIoT como sendo o nome empresarial (FIGURA 43).

FIGURA 42 - NOME E LOGO MARCA DO PRODUTO



FONTE: Os autores (2020)

FIGURA 43 - NOME E LOGO MARCA DA EMPRESA

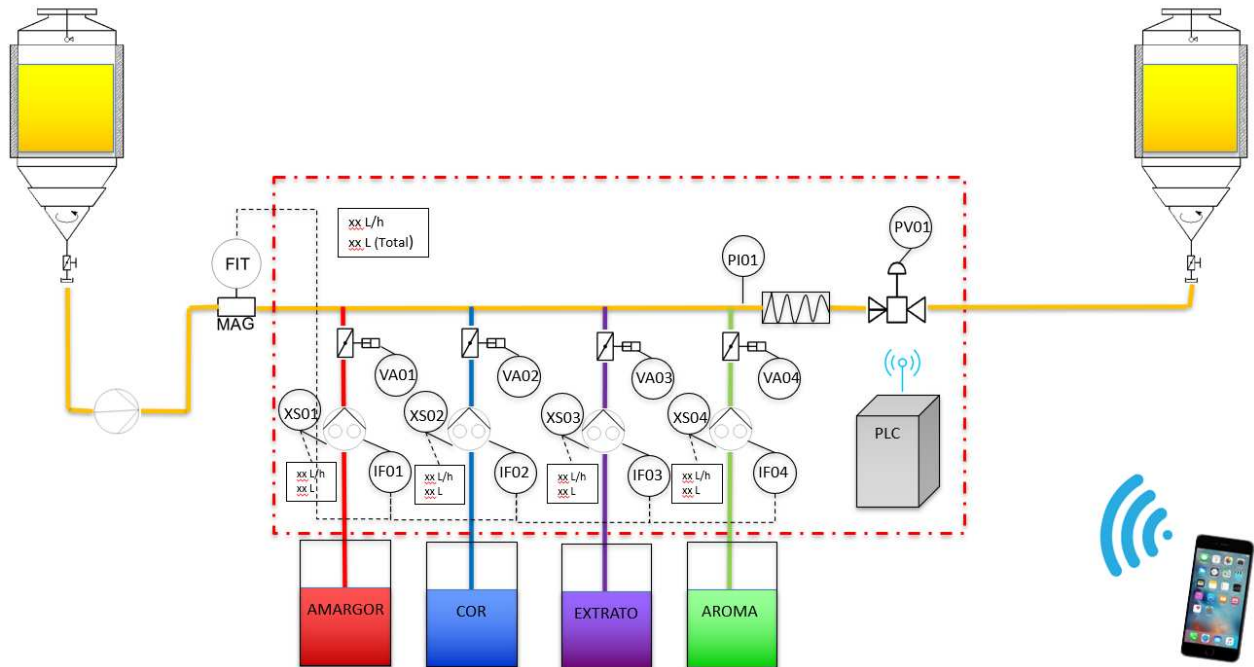


FONTE: Os autores (2020)

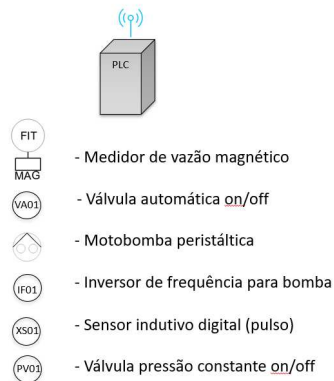
3.3. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

De volta ao projeto do equipamento, para definição de *hardware* e *software* aplicável, além da definição de um formato de controle, foi desenvolvido um fluxograma preliminar de processo e automação (FIGURA 44).

FIGURA 44 – FLUXOGRAMA DE PROCESSO/AUTOMAÇÃO IDEALIZADO



Elementos de controle



FONTE: Os autores (2020)

Uma vez percebido a possibilidade de se desenvolver um equipamento portátil (tipo *dispenser*, com mistura de ingredientes) para uso residencial ou comercial, com o mesmo objetivo do equipamento industrial anteriormente idealizado – a modificação de

Juntamente foram especificados e adquiridos demais componentes eletrônicos para modelagem (TABELA 2), e uma placa de compensado para fabricação de sua estrutura.

TABELA 2 – LISTA DE COMPONENTES DO PROTÓTIPO TARD.IO

	Sensor de Fluxo de Água YF-S401 0,3-6 l/min		Resistor 150R 1/4W
	Módulo Relé SLA-05VDC-SL-C 5V 30A 1 Canal com Optoacoplador		Suporte para LED 5mm Preto com Rosca
	Mini Bomba de Água para Arduino 12V RS385 2L/Min		Mangueira de Gotejamento Microtubo para Irrigação 1/4
	Fonte de Alimentação Chaveada 12VDC 2A Plug P4		Mini Bomba de Água Peristáltica 12VAB11 0.1L/Min
	LED Vermelho de Alto Brilho 5mm		Módulo Conversor Amplificador HX711 24bit 2 Canais
	LED Verde de Alto Brilho 5mm		Sensor de Peso / Célula de Carga 0 a 5kg para Arduino
	LED Azul de Alto Brilho 5mm		Cabo Micro USB 75cm para ESP8266, E SP32
	LED Amarelo de Alto Brilho 5mm		Potenciômetro 10K WH148 Linear com Fios + Knob
	Barra de 40 Pinos 2,54mm Fêmea / Conector Empilhável para PCI		

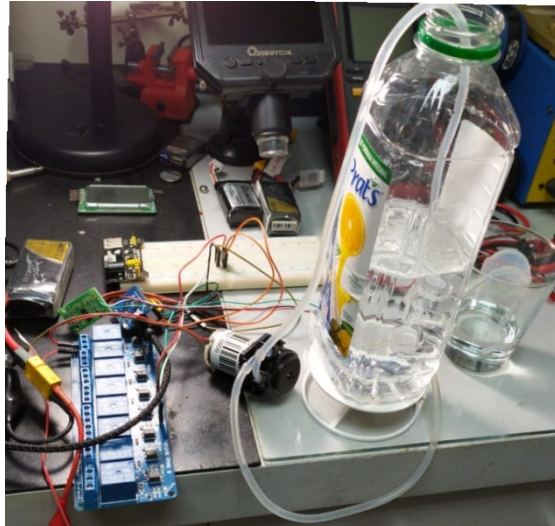
FONTE: Os autores (2020)

3.4. PROTOTIPAGEM E TESTES

3.4.1. Teste de *hardware* e fabricação do protótipo

Uma vez recebidos os equipamentos foram realizados testes de bancada (FIGURA 46).

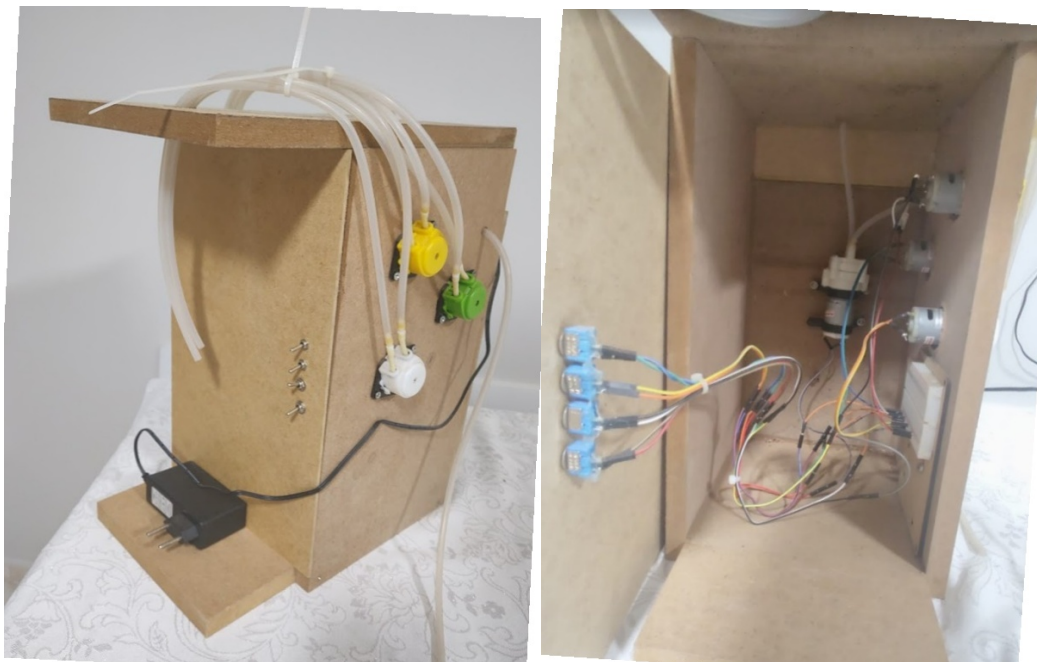
FIGURA 46 – TESTES DE BANCADA COM HARDWARE



FONTE: Os autores (2021)

E, a partir dos testes preliminares, um protótipo foi montado. Este primeiro protótipo teve o foco no funcionamento das bombas dosadoras com acionamento por chaves elétricas, sem o controle de dosagem implementado (FIGURA 47).

FIGURA 47 – PROTÓTIPO TARD.IO



FONTE: Os autores (2021)

3.4.2. Teste do protótipo via microcontrolador e programação de software

Uma vez verificado a funcionalidade do hardware, foram realizados testes de bancada para o controle e acionamento via microcontrolador (ESP32) através de comandos inseridos em sistema, para que futuramente a parametrização da dosagem possa ser realizada via aplicativo. Com referência nos projetos Arduinos encontradas pode-se propor um código de programação aplicável a este fim.

Exemplo de código:

```

/*****
****
* Projeto Tard.IO (v1.0)
*
*Codigo fonte Exemplo
*
* Com 4 botões o usuário tem a opção de escolher qual insumo será dosado
* (Cerveja Base, Corpo, Amargor ou Aroma)
* Uma vez o botão pressionado, uma bomba peristaltica sera acionada
* para dosar o insumo pelo tempo pré determinado.
*
* This program is free software: you can redistribute it and/or modify
* it under the terms of the GNU Lesser General Public License as published
by
* the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or
* (at your option) any later version (<https://www.gnu.org/licenses/>).
*****/

//Adiciona a biblioteca ao código

//Declaração de variáveis

int qtd_cerveja = 5000; //Tempo padrão de dosagem de cerveja em
milissegundos
int qtd_corpo = 500; //Tempo padrão de dosagem de corpo em milissegundos
int qtd_amargor = 1000; //Tempo padrão de dosagem de amargor em
milissegundos
int qtd_aroma = 1000; //Tempo padrão de dosagem de aroma em milissegundos

int PINO_CERVEJA = 21;
int PINO_CORPO = 22;
int PINO_AMARGOR = 23;
int PINO_AROMA = 24;
int led1 = 10;
int led2 = 11;
int led3 = 12;
int led4 = 13;
int bot1 = 14;
int bot2 = 15;
int bot3 = 16;
int bot4 = 17;

void setup() {

```

```

pinMode(led1, OUTPUT); //LED botão dosador de cerveja
pinMode(led2, OUTPUT); //LED botão dosador de corpo
pinMode(led3, OUTPUT); //LED botão dosador de amargor
pinMode(led4, OUTPUT); //LED botão dosador de aroma
pinMode(bot1, INPUT_PULLUP); //botão dosador de cerveja
pinMode(bot2, INPUT_PULLUP); //botão dosador de corpo
pinMode(bot3, INPUT_PULLUP); //botão dosador de amargor
pinMode(bot4, INPUT_PULLUP); //botão dosador de aroma
digitalWrite(led1, LOW);
digitalWrite(led2, LOW);
digitalWrite(led3, LOW);
digitalWrite(led4, LOW);
}

void loop() {

    //Verifica se algum botão de dosagem foi pressionado
    //Aciona a bomba específica de dosagem (Cerveja, corpo, amargor ou
    aroma) pelo tempo determinado em suas respectivas variáveis qtd...

    if (digitalRead(bot1) == 1){ //Atribui a leitura do botão à "cerveja"
        Serial.print("Dosando Cerveja ...");
        digitalWrite(PINO_CERVEJA, HIGH); //Liga bomba dosadora
        digitalWrite(led1, HIGH); //Liga LED
        delay(qtd_cerveja); //Aguarda dosagem
        digitalWrite(PINO_CERVEJA, LOW); //Desliga bombda dosadora
        digitalWrite(led1, LOW); //Desliga LED
        Serial.print("XX ml de cerveja dosados ...");
    } else if (digitalRead(bot2) == 1){ //Atribui a leitura do botão ao
"corpo"
        Serial.print("Dosando Corpo ...");
        digitalWrite(PINO_CORPO, HIGH); //Liga bomba dosadora
        digitalWrite(led2, HIGH); //Liga LED
        delay(qtd_corpo); //Aguarda dosagem
        digitalWrite(PINO_CORPO, LOW); //Desliga bombda dosadora
        digitalWrite(led2, LOW); //Desliga LED
        Serial.print("XX ml de corpo dosados ...");
    } else if (digitalRead(bot3) == 1){ //Atribui a leitura do botão ao
"amargor"
        Serial.print("Dosando Amargor ...");
        digitalWrite(PINO_AMARGOR, HIGH); //Liga bomba dosadora
        digitalWrite(led3, HIGH); //Liga LED
        delay(qtd_amargor); //Aguarda dosagem
        digitalWrite(PINO_AMARGOR, LOW); //Desliga bombda dosadora
        digitalWrite(led3, LOW); //Desliga LED
        Serial.print("XX ml de amargor dosados ...");
    } else if (digitalRead(bot2) == 1){ //Atribui a leitura do botão ao
"aroma"
        Serial.print("Dosando Aroma ...");
        digitalWrite(PINO_AROMA, HIGH); //Liga bomba dosadora
        digitalWrite(led4, HIGH); //Liga LED
        delay(qtd_aroma); //Aguarda dosagem
        digitalWrite(PINO_AROMA, LOW); //Desliga bombda dosadora
        digitalWrite(led4, LOW); //Desliga LED
        Serial.print("XX ml de aroma dosados ...");
    }

    delay(100); //Aguarda 100 milissegundos para nova leitura
}

```

3.4.3. Protótipo de APP Mobile

Para que houvesse maior interatividade, assim como maior aderência do produto ao consumidor, foi idealizado um protótipo de “APP”, no qual o usuário define sua própria receita, assim como os parâmetros de ajuste conforme sua vontade e experiência. (FIGURA 48)

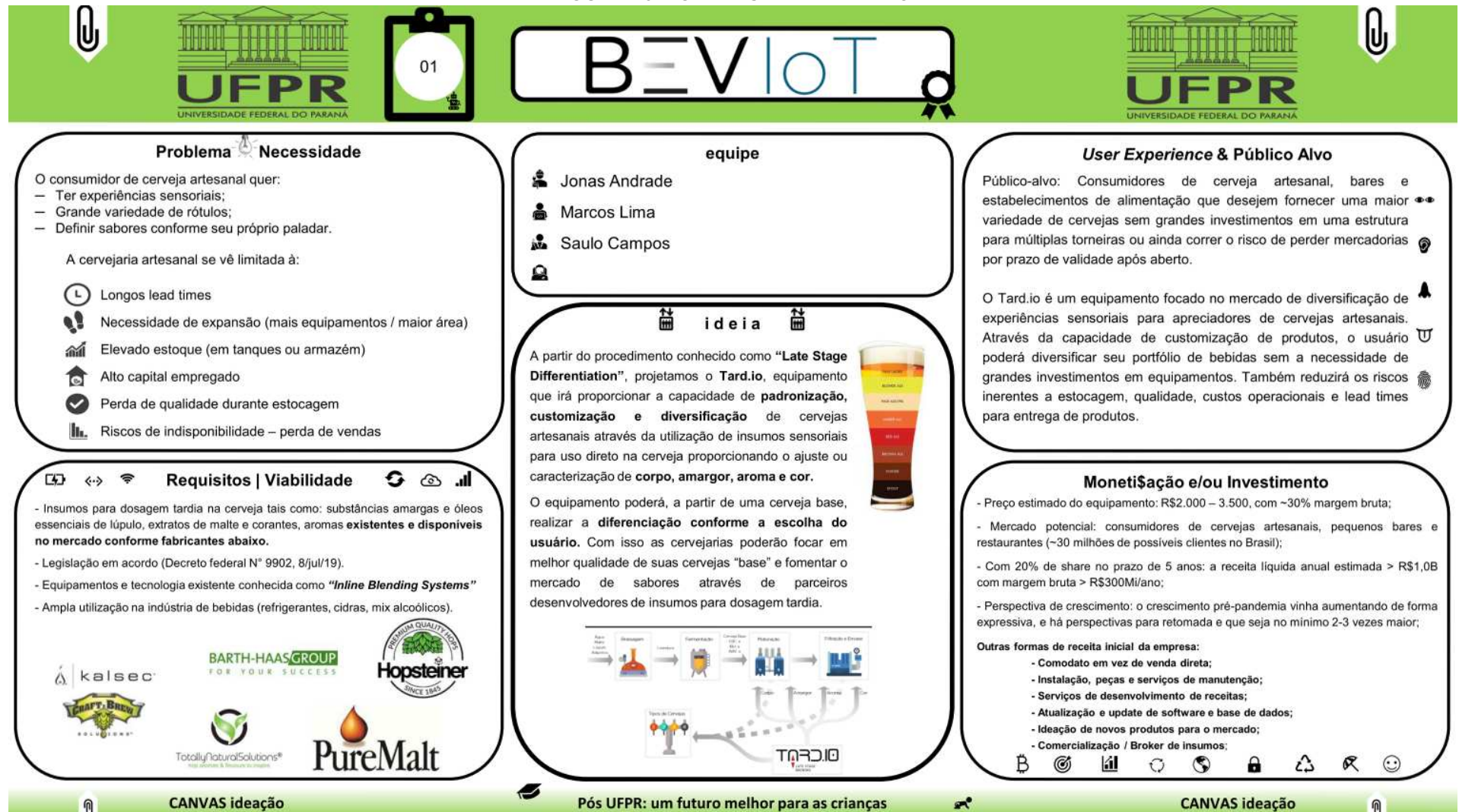
FIGURA 48 - PROTÓTIPO APP MOBILE



FONTE: Os autores (2021)

3.4.4. Revisão do Canvas para defesa da Ideação – Protótipo TARD.IO

FIGURA 49 – CANVAS FINAL TARD.IO



FONTE: Os autores (2021)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes realizados permitiram avaliar o funcionamento do sistema, tanto em relação a plataforma embarcada, componentes eletrônicos e a dosagem dos extratos utilizados. Foram testadas algumas dosagens de extratos conforme mostrado na FIGURA 50.

FIGURA 50 - BEBIDAS OBTIDAS EM TESTES REALZADOS



FONTE: Os autores (2021)

Também foi possível comparar os resultados obtidos com as escalas de cor de cerveja, onde ficou evidente a influência do extrato utilizado tanto na coloração (FIGURA 7), quanto no sabor.

Além dos resultados visíveis na escala de cor, as outras características sensoriais, como aroma e corpo, também foram observadas e corroboram o resultado positivo da viabilidade do desenvolvimento do produto TARD.IO.

Esses resultados comprovaram que o sistema proposto funciona, em relação as dosagens realizadas pela plataforma embarcada e também em relação a facilidade de utilização.

5. CONCLUSÕES

A vantagem desse sistema é permitir o acesso a bebidas diferenciadas e personalizadas a um público consumidor maior e que busca essa experiência. Esse público, hoje, precisa ir a um estabelecimento para poder apreciar bebidas diferenciadas, e fica limitado ao cardápio oferecido. Com o sistema TARD.IO isso poderá ser realizado na residência do consumidor o que traz vantagens como: menor custo por bebida, maior variedade de bebidas, inclusive personalizadas e menor risco por estar em um ambiente particular.

5.1. Sugestões de trabalhos futuros

Durante a análise e discussão dos resultados surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na sequência:

1. Realização de um estudo sobre o design e materiais a serem empregados no TARD.IO comercial;
2. Seleção das matérias-primas (extratos) mais interessantes para o propósito e estáveis na condição de estocagem dentro do equipamento;
3. Elaboração de receitas para a diferenciação de bebidas conforme os extratos e bebida base utilizados;
4. Desenvolvimento com fornecedores de extrato de embalagens comerciais adequadas ao uso neste equipamento;
5. Desenvolvimento de sistema de troca fácil para os extratos utilizados;
6. Criação e definição de procedimentos de limpeza e assepsia do equipamento;
7. Testes de campo com públicos variados;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO da Cerveja 2019 - Secretaria de Defesa Agropecuária – DAS. [S.l.]: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2019.

ANUÁRIO da Cerveja 2020 - Secretaria de Defesa Agropecuária – DAS. [S.l.]: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO.

ARDUINO Santa Efigênia, 02 ago 2021. Disponível em: <<https://arduinointaefigenia.com.br/produto/arduino-uno-r3-16u2>>.

BEER STYLE GUIDELINESS. [S.l.]: **Beer Judge Certification Program**, 2015.

BREWERS ASSOCIATION. [S.l.]: **Beer Style Guidelines**, 2019.

DOCUMENTAÇÃO Bibliográfica do Curso Técnico Especial de Cervejaria. Vassouras: SENAI/RJ, CETEC de Produtos Alimentares, 1998 - 2001.

EMBARCADOS , 02 ago 2021. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/>>.

FILIPEFLOP , 05 ago 2021. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp32-bluetooth>>.

HOSHIZAKI , 22 ago 2021. Disponível em: <<https://hoshizaki-europe.com/beer-matic-dual-tap-beer-dispenser/>>.

HOW to use of Kalsec® Craft Brew Solutions™. [S.l.]: KALSEC® Craft Brew Solutions., 2016.

JACKSON, M. **Michael Jackson's great beer guide: the best 500 beers of the world**. First edition. New York: Dorling Kindersly Publishing, Inc., 2000.

JÚNIOR, S. L. S.; SILVA, R. A. **Automação E Instrumentação Industrial Com Arduino. 1ª Edição**. [S.l.]: Érica, 2015.

KERSCHBAUMER, R. **Apostila MICROCONTROLADORES – Curso Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)**. [S.l.]: [s.n.], 2018.

LOJA Bblend, 22 ago 2021. Disponível em: <<https://loja.bblend.com.br/>>.

MARCUSSO, E. F. **Da cerveja como cultura aos territórios da cerveja: uma análise multidimensional**. Brasília: Tese (Doutorado em Geografia)—Universidade de Brasília, 2021.

MIXOLOGIG , 22 ago 2021. Disponível em: <<https://www.mixologiq.com/en/cocktails-machine-automated-mixo-two/>>.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.

OLIVEIRA, S. D. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi. 1ª Edição**. [S.l.]: Novatec, 2017.

PRUDENTE, F. **Automação Industrial – PLC: Teoria e Aplicações**. [S.l.]: [s.n.].

ROBOCORE , 22 ago 2021. Disponível em: <<https://www.robocore.net/kits/kit-faca-voce-mesmo-dispenser-automatico-liquidos>>.

TECNOBLOG , 05 ago 2021. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/282739/o-que-e-o-raspberry-pi>>.

USE of Kalsec® Craft Brew Solutions™ - Ideas and Equipment for Dosing. [S.l.]: KALSEC® Craft Brew Solutions., 2016.

VANDERTRONIC , 03 ago 2021. Disponível em: <<http://www.vandertronic.com/index.php/microcontroladores>>.

YOUTUBE , 22 ago 2021. Disponível em: <<https://youtu.be/Z7GkGeZrb2Y>>.

WEBSITES DE FABRICANTES DE INGREDIENTES:

<https://www.barthhaas.com/en/>

A leading global supplier of hop products and all the services that go with them, we are the perfect people to talk to about using hops and hop products creatively and efficiently. For 225 years, we have been visionaries and trailblazers in the market for these unique building blocks of flavor. Ours is the story of a passion that never ends.

<https://www.charlesfaram.co.uk/>

Charles Faram has been established as merchants of hops and hop products for over 150 years. The company, which was originally based in Worcester, now resides in the small hamlet of Newland, situated at the foot of the picturesque Malvern Hills.

<https://www.kalsec.com/>

Kalsec products, derived from natural herbs, spices, vegetables and hops, are translated into easy-to-use liquid extracts ideal for most formulations. These are of the highest quality and consistency available. Kalsec, headquartered in Kalamazoo, MI is the only company whose expertise and resources encompass a full line of natural, innovative products and solutions to meet the challenges faced by food and beverage manufacturers throughout the industry and around the world.

<https://www.hopsteiner.com/>

Hopsteiner is a vertically integrated global hops supplier dedicated to delivering the finest hops and hop products. Founded in 1845, Hopsteiner continues to advance the industry as one of the foremost international hop growing, breeding, trading, and processing firms in the world. Hopsteiner ships hops globally and partners with breweries of all sizes, offering unique hop varieties and innovative hop products designed to enhance flavor, aroma, consistency, and flexibility for brewing and beyond.

<https://www.puremalt.com/>

PureMalt is a global leader in manufacturing malt based ingredients. Our range of all-natural malt products can be used across many market segments like: Bakery, Confectionery & Desserts; Brewing; Meat-free products; Alcohol-free products; Savoury food.

OUTROS WEBSITES REFERENCIAS E FONTES DE INFORMAÇÃO:

<https://www.mintel.com/mintel-reports>

Mintel Group Ltd is a privately owned, London-based market research firm. The corporation maintains offices in Chicago, New York City, Mumbai, Belfast, Shanghai, Tokyo, Sydney and Seoul. Mintel databases, analysis, and forecasts are accessible to subscribing clients, those who purchase standalone reports, and to students in participating university libraries.

<https://www.hominilupulo.com.br/>

<https://www.ocaneco.com.br/o-amargor-da-erveja/ 2016>

<https://www.lamasbrewshop.com.br/blog/ 2020>

<https://revistadacerveja.com.br/>

<https://www.embarcados.com.br/sistema-embarcado>

<https://tecnoblog.net/282739/o-que-e-o-raspberry-pi>

<https://athoselectronics.com/esp32>